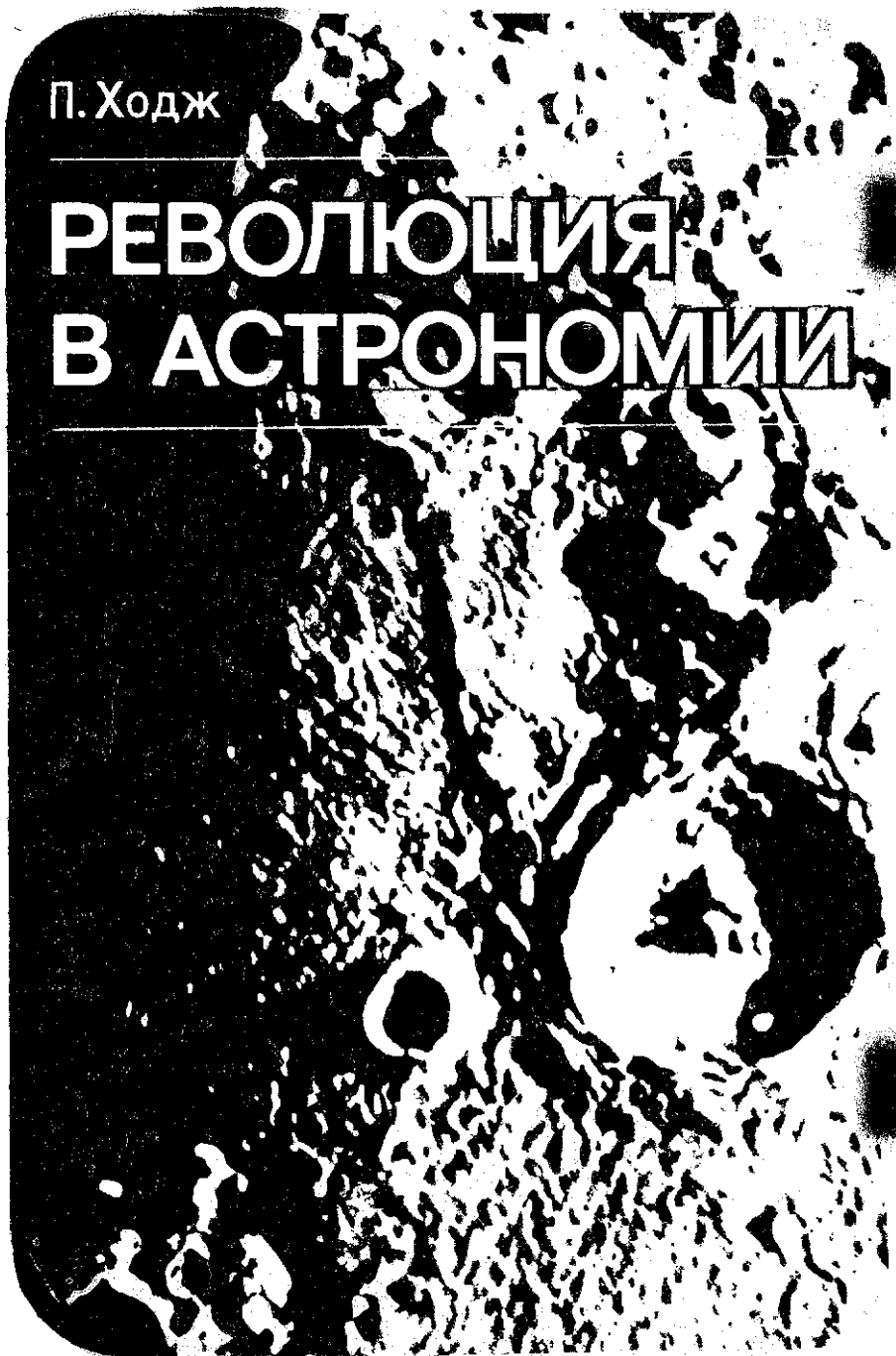


VISIT...

LANZAROTE
Caliente.COM

П. Ходж

РЕВОЛЮЦИЯ В АСТРОНОМИИ



PAUL W. HODGE

*The Revolution in
Astronomy*

HOLIDAY HOUSE NEW YORK

1970

П. ХОДЖ

*Революция
в астрономии*

ПЕРЕВОД С АНГЛИЙСКОГО
И. Е. РАХЛИНА

ИЗДАТЕЛЬСТВО «МИР»
МОСКВА 1972

П. Ходж — профессор Ватлингтонского университета и автор нескольких книг — рисует захватывающую картину научной революции, которая происходит сейчас в астрономии. Эта революция началась в 40-х годах после открытия радиополучения небесных объектов. Следующими ее этапами были: вынос астрономических приборов за пределы земной атмосферы на ракетах и спутниках, полеты автоматических станций к Луне, Венере и Марсу и, наконец, доставка образцов лунных пород на Землю. Эта революция, безусловно, будет иметь большое значение для человечества еще на протяжении многих и многих десятилетий. Книгу с увлечением и пользой для себя прочтут все интересующиеся наукой и прежде всего школьники старших классов.

Редакция космических исследований астрономии и геофизики

ОТ ИЗДАТЕЛЬСТВА

Выступая на Общем собрании АН СССР, президент АН СССР М. В. Келдыш отметил, что космические исследования в огромной степени расширили наши знания об околоземном космическом пространстве, о Луне и планетах солнечной системы, о Солнце и взаимосвязи земных явлений с космическими, причем их результаты оказывают все большее влияние на научно-технический прогресс.

За последние 5—10 лет мы стали свидетелями доставки автоматических приборов и высадки человека на поверхность Луны, полетов автоматических станций к Марсу и Венере, радиолокации Луны, Солнца и планет. Все эти достижения стали возможны лишь благодаря тому, что новые технические средства — ракеты и искусственные спутники, радиотелескопы и радиолокаторы, счетчики элементарных частиц и приемники инфракрасного излучения — позволили астрономии совершить за последние два десятилетия революционный скачок, сравнимый по значимости со скачком, порожденным изобретением оптического телескопа. Каждый год появляются новые приборы, новые инструменты и новые теории, которые приносят неожиданные сведения о Вселенной.

Этим открытиям, изменившим лик и методы старейшей науки, и посвящена книга профессора Вашингтонского университета Пола Ходжа, адресованная любителям науки и прежде всего молодежи, выбирающей себе профессию и дело жизни. Автор знакомит читателей с тем, как современные астрономы исследуют электромагнитные излучения небесных тел во всем диапазоне — от радиоволн до гамма-лучей, как астрономические приборы устанавливаются в глубоких шахтах, на земной поверхности, на высотных воздушных шарах, на спутниках, автоматических межпланетных станциях и даже на Луне.

Со времени выхода книги в свет до настоящего времени прошло всего два года. Но развитие науки идет таким темпом, что даже небольшая книга о революции в астрономии уже требует дополнений, касающихся в основном результатов исследования Луны и планет.

Автор заканчивает книгу полетом на Луну экспедиции «Аполлона-11». С тех пор на Луне побывали космонавты «Аполлонов» 12, 14, 15. Они установили на поверхности Луны научную аппаратуру, с помощью которой уже удалось зарегистрировать лунотрясения и извержение водяного пара из недр Луны, и доставили на Землю новые образцы лунных пород. Советские автоматические станции «Луна» 16 и 20 доставили образцы пород морского и материкового районов Луны, а «Луноход-1» проработал на Луне свыше 10 месяцев и передал на Землю ценнейшую информацию о составе, топографических особенностях и структуре поверхности нашего спутника.

Советские автоматические станции «Венера» с успехом продолжали исследование загадочной соседки Земли. Станции «Венера» 5 и 6 получили сведения о составе и температуре нижней атмосферы, скрытой от нас сплошным облачным покровом. Станция «Венера-7» совершила мягкую посадку и в течение получаса вела передачу с раскаленной поверхности Венеры, где температура достигает 500°C , а давление 100 атмосфер.

Советская станция «Марс-3» опустилась на поверхность Марса, а американская станция «Маринер-9» передала на Землю серию прекрасных снимков поверхности Марса, на которых выявлены четкие следы прошлой вулканической деятельности, борозды, напоминающие извивающиеся реки, а также гигантские кратеры и сбросы. Снимки спутников Марса Фобоса и Деймоса доказали, что это глыбы неправильной формы, поверхность которых изрыта кратерами.

Читатель, заинтересовавшийся новыми открытиями и желающий поглубже познакомиться с ними, может обратиться к списку литературы для дальнейшего чтения, приведенному в конце книги.

1. Новые улицы на старой карте

Не исключено, что пилот сверхзвукового реактивного самолета, только что пронесшегося над нашими головами, окажется астрономом.

Возможно, это один из астрономов-космонавтов, которых Национальное управление по аэронавтике и исследованию космического пространства США (НАСА) тренирует как пилотов реактивных самолетов перед отправкой в более далекие экспедиции — на обсерватории, расположенные на искусственных спутниках или на Луне. Возможно, он будет первым астрономом, который установит в космосе гигантский телескоп и начнет на нем работать. Он может оказаться первым астрономом, который продолжит изучение Луны и исследует кратеры, в течение многих веков ставившие в тупик астрономов. А может быть, он поведет космический корабль к соседней планете.

В любом случае, если пилот самолета — астроном, то он совершенно не похож на астрономов прошлого и ведет совершенно другой образ жизни.

Еще год назад он мог быть профессором астрономии в одном из университетов. Быть может, он читал курсы «Физические процессы в областях НН» или «Межзвездная среда» и в свободное время вел исследовательскую работу. Привлекая одного-двух студентов-выпускников, он, возможно, две-три ночи в месяц проводил на обсерватории, изучая различные свойства звезд, галактик и газовых облаков. Жизнь его, вероятно, была совершенно типичной для большинства астрономов первой половины XX столетия. Но его переход к жизни астронома-космонавта символизирует революционные изменения, происшедшие в самой астрономии.

Революция в астрономии началась примерно в 1950 г., и с тех пор ее триумфальное шествие не прекращается. Радиоастроно-

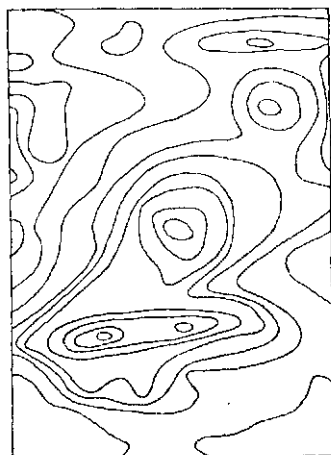
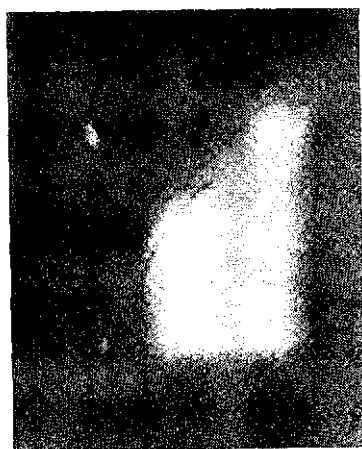
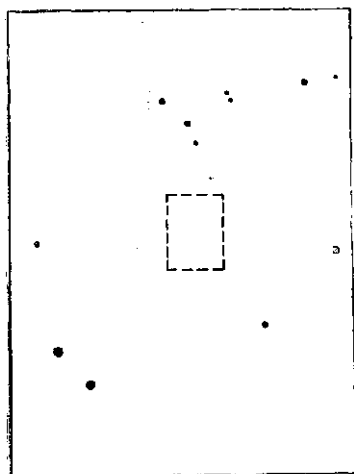


Рис. 4. Древние наблюдатели, не имевшие телескопов, видели часть созвездия Андромеды таким, как это изображено на верхнем рисунке. В маленьком четырехугольнике в центре нет звезд, видимых невооруженным глазом. Фотография этой четырехугольной области, полученная в 1950 г. большим современным оптическим телескопом, имеет вид, изображенный внизу слева. В 1965 г. тот же участок неба исследовался гигантским радиотелескопом, который зарегистрировал картину радиоизлучения, приведенную внизу справа.

мния, квазары, пульсары, рентгеновские звезды, искусственные спутники, лунные ракеты, взрывающиеся галактики, космические нейтрино — все это хорошо знакомо теперь, а в 1950 г. казалось бы нам фантастичным, почти невероятным. Почти такой же невероятной была бы мысль о том, что астрономы пилотируют реактивные самолеты, астрономы пахотятся в космосе, астрономы запускают исследовательские ракеты и астрономы поднимаются на воздушных шарах в верхние слои атмосферы.

Если в 1950 г. типичный штат крупной обсерватории состоял из 10 человек, включая секретарей и обслуживающий персонал, то теперь на некоторых обсерваториях заняты сотни людей. Во многих колледжах специальности астронома обучается в десять раз больше студентов, чем до 1950 г. Тогда астроном, чтобы произвести наблюдения в телескоп, отъезжал километров на пятнадцать от города. Сейчас же он для этой цели летит в Аризону, Пуэрто-Рико, Австралию, а то и в Чили. Тогда астроном пользовался, вероятно, фотографической пластинкой для регистрации видимого света звезды, а теперь он может прибегнуть к искусственному спутнику для измерения рентгеновского излучения звезды.

Вся эта новая деятельность привела к появлению новых методов исследования Вселенной. Помещенные на рис. 1 для сравнения карты показывают, как росли наши знания о небе в течение столетий. Совершенно очевидно, что за самые последние несколько лет мы приобрели огромное количество новых сведений. Эти недавние открытия революционизировали наши взгляды.

2. Сигналы из глубин космоса

Большинство открытий новой астрономии было сделано в результате того, что в 1932 г. молодой радиотехникер Карл Янский, работавший в компании «Белл телефон», случайно «обнаружил» Млечный Путь с помощью пары наушников.

Для изучения грозовых помех он построил огромную радиоантенну длиной в 30 метров. Желая наилучшим способом конструировать междоуниверситетские радиотелефонные системы, Янский решил выяснить, одинаково ли интенсивны грозовые радиопомехи, идущие с разных направлений. После многодневных экспериментов он обнаружил два вида помех. К первому виду относились шумы от близких и далеких гроз, которые Янский хорошо изучил, чтобы решить поставленную им перед собой практическую проблему. Второй же вид помех казался совершенно загадочным. Он звучал в наушниках как постоянное шипение. Проследив за его источником, Янский установил, что он медленно движется, совершая полный оборот по отношению к горизонту несколько меньше чем за 24 часа.

Еще после нескольких месяцев экспериментирования Янский установил, что источник этого шипения не находится на Земле и, следовательно, оно приходит из космического пространства. Ему удалось также доказать, что помехи исходят не от Солнца, Луны или планет, так как эти светила движутся по отношению к звездам, источник же шума остается неподвижным. Наконец, Янский точно отметил на небе местоположение источника и обнаружил, что он совпадает с наиболее яркими областями полосы Млечного Пути, — с теми областями, которые находятся в направлении ее центра.

Родилась радиоастрономия. Был открыт самый сильный источник космического радиополучения. Но вскоре после ро-

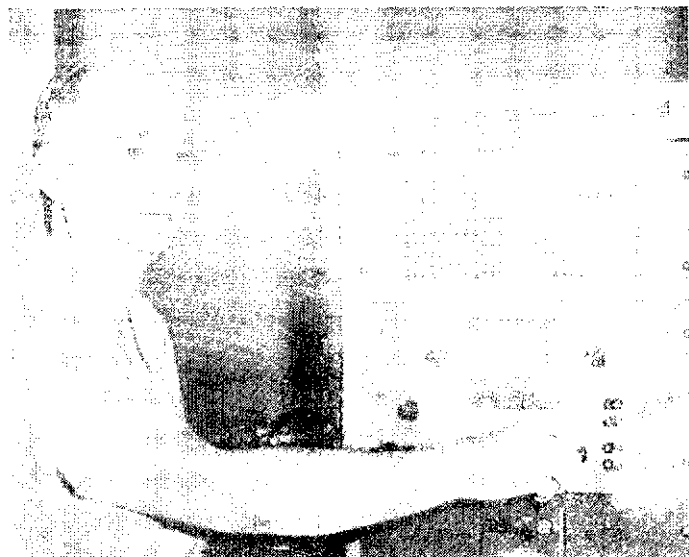


Рис. 2. Отцы радиоастрономии Карл Янский (*вверху*) и Грот Рибер (*внизу*). Эти ученые, чьи лица и имена не известны большинству людей, проложили в астрономии новые пути, подобно Галилею, который первым направил на Луну телескоп.

ждения эта новая отрасль науки чуть было не прекратила свое существование. Янский хотел продолжать исследование источников радиоизлучения и даже предложил построить большой радиотелескоп, но его идеи никто не поддержал, а ему самому поручили другие исследования. Едва просуществовав три года, радиоастрономические исследования прекратились.

Пионер радиоастрономии на задворках

Несколько лет спустя один американский радиолюбитель возродил радиоастрономию у себя на задворках. Молодой радиотехник Грот Рибер узнал об открытии Янского и построил радиотелескоп, подобный предложенному Янским. Позади своего дома в Унтоне (Иллинойс), Рибер соорудил радиотелескоп диаметром в 10 метров. Он выглядел как гигантская чаша параболической формы с вынесенным вперед радиоприемником на четырех стойках.

С помощью этого подвижного телескопа Рибер впервые составил радиокарту неба. Он зарегистрировал все частоты радиоизлучения, испускаемого Млечным Путем, и после нескольких лет работы в одиночку подготовил эти данные для публикации. Посланная им в «Астрофизический журнал» статья, содержащая первые радиокарты неба, едва не была отклонена. Она была настолько невероятна и неожиданна, что ученые — рецензенты журнала посоветовали редактору не публиковать ее. Однако редактор журнала Отто Струве, перечитав ее много раз, в конце концов решил ее опубликовать, справедливо считая статью абсолютно правильной и полагая, что она положит начало совершенно новой отрасли астрономии.

Сегодня гигантские радиотелескопы, подобные построенному Гротом Рибером, разбросаны по всему миру. Самый большой подвижный параболический телескоп имеет около 100 метров в диаметре. Вообще же самый крупный параболоид диаметром в 300 метров врезан в горы Пуэрто-Рико.

Радиоволны и телескопы

В радиотелескопах используется то обстоятельство, что земная атмосфера прозрачна для радиоволн определенной длины. Это излучение — тот же свет, но с очень и очень большой длиной волны. Свет приходит к нам в форме волн, несколько

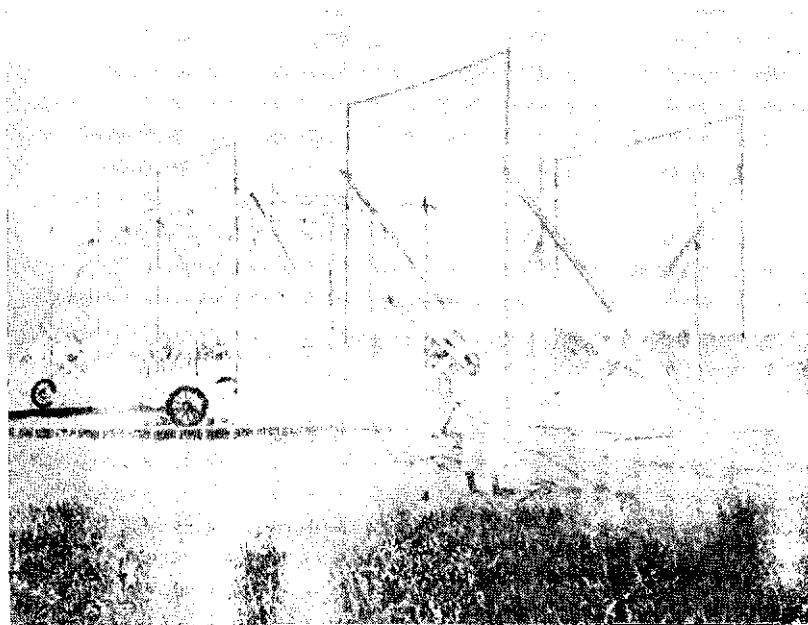


Рис. 3. На этой исторической фотографии 30-х годов изображен Карл Янский на фоне вращающейся антенны лаборатории фирмы «Белл-телефон», с помощью которой было открыто радиоизлучение из космического пространства. Антенна, построенная из металлических стержней, укрепленных на деревянной раме с четырьмя обычными автомобильными колесами, была весьма скромным предшественником гигантских чаш современных радиотелескопов.

напоминающих волны на поверхности океана. Но в отличие от волн в океане световые волны не представляют собой колебаний вещества, например воды, а являются формой переноса энергии, многие характеристики которой те же, что и у водяных волн. Световые волны обладают также свойствами частиц, и, когда они проявляют себя как частицы, их называют фотонами. В обоих случаях, будь то волны или частицы, они характеризуются определенным «размером», называемым длиной волны.

Длины волн видимого света очень малы, но аналогичное излучение охватывает огромный диапазон длин волн. Если волны в океане имеют размеры полметра — метр и более,

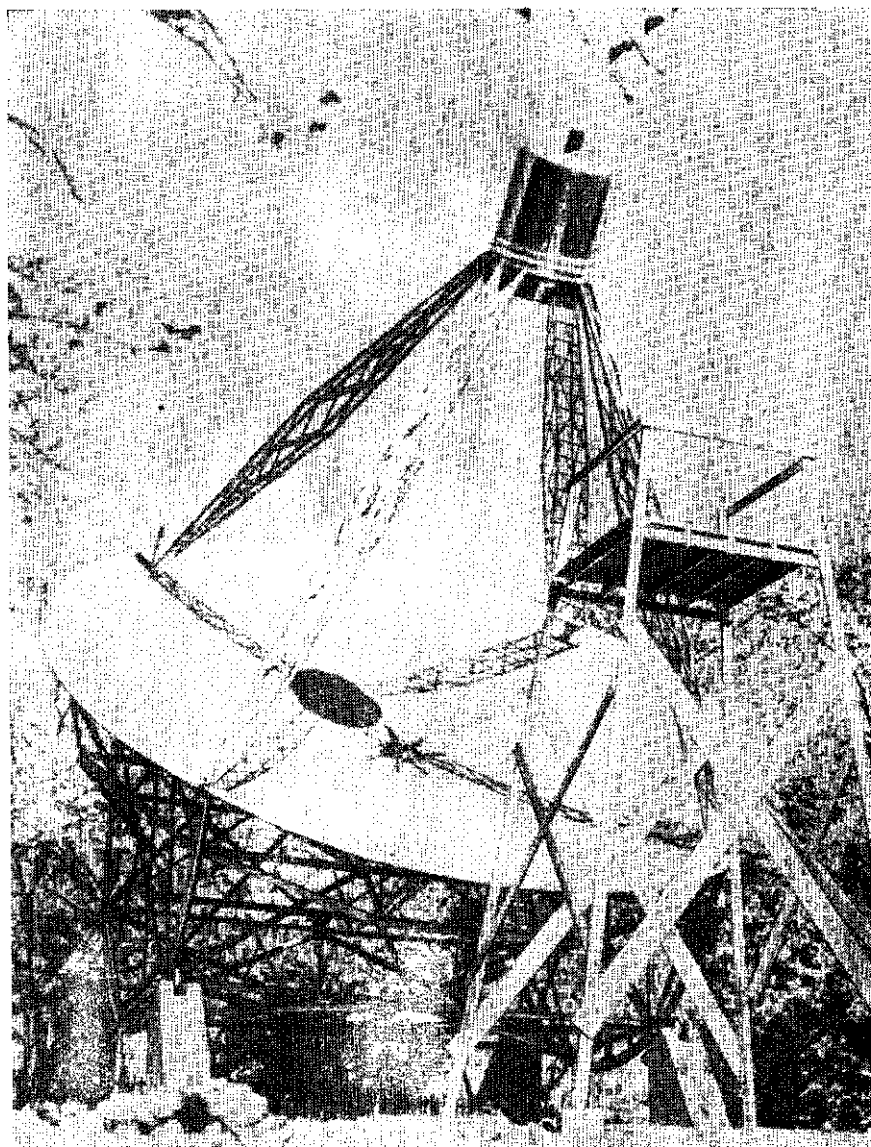


Рис. 4. Первый радиотелескоп Грота Рибера, сооруженный им во дворе его дома в Уитоне, Иллинойс.

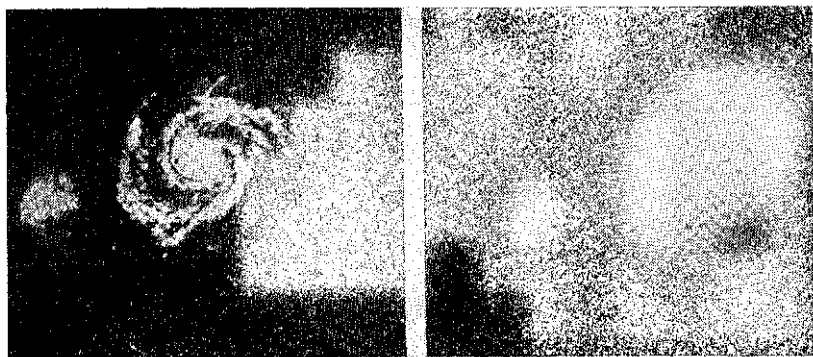


Рис. 5. Галактика М51, отчетливо видимая в оптическом диапазоне электромагнитных волн (*слева*), и ее изображение, полученное с разрешением, соответствующим разрешению радиотелескопа (*справа*).

длины волн видимого света чрезвычайно малы, составляя миллионные доли сантиметра. То, что физики называют электромагнитным излучением, в том числе видимый свет, охватывает все виды излучений, начиная от гамма-лучей с длинами волн в миллионы раз меньше длины световой волны, до радиоволн, длины которых в миллион раз больше длины волн света.

И на самом деле не существует никакого фундаментального различия между радиоволнами и светом, за исключением длины волны. Они распространяются с одинаковой скоростью и обладают одними и теми же физическими свойствами. Длины радиоволн меняются в пределах от нескольких сантиметров до нескольких километров. Атмосфера Земли прозрачна для волн длиной примерно от нескольких сантиметров до 100 метров. Радиоволны другой длины поглощаются земной атмосферой, поэтому испускающие их далекие астрономические объекты не могут быть обнаружены.

Поскольку радиоизлучение характеризуется такой большой длиной волны, очень трудно ясно рассмотреть, что именно наблюдается, т. е. различить детали, находящиеся близко друг от друга. В идеале радиоизображение должно было быть резким, а не расплывчатым, но такая большая длина волны приводит к тому, что невозможно точно установить размер, форму и положение на небе объекта, испускающего это излучение. Происходит это потому, что разрешающая способность любого

телескопа зависит как от размеров телескопа, так и от длины волны наблюдаемого излучения. Если длина волны большая, то разрешающая способность низкая; ее можно повысить, увеличив размеры телескопа.

Тем не менее даже существующие гигантские радиотелескопы, включая 300-метровый инструмент в Аресибо (Пуэрто-Рико), имеют гораздо меньшую разрешающую способность, чем оптические телескопы, в частности 100-дюймовый телескоп обсерватории Маунт Паломар в Калифорнии. Эта низкая разрешающая способность приводит к тому, что мы видим очень размытую картину неба, на которой отдельные объекты расплываются по большой площади. Так, с помощью 18-метрового радиотелескопа, работающего на длине волны 25 сантиметров,

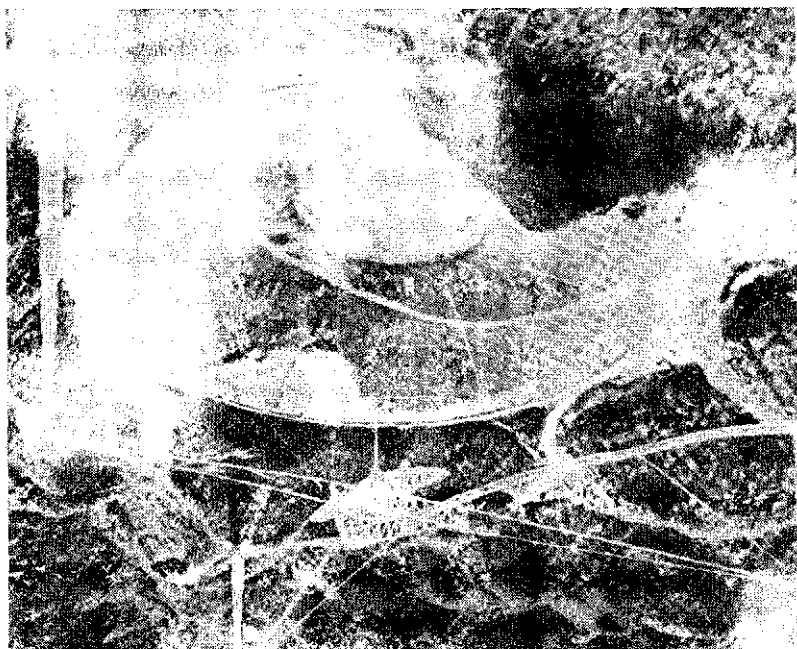


Рис. 6. Радиотелескоп в Аресибо, Пуэрто-Рико. Чаша диаметром 300 метров из металлической сетки, выступающей для большого углубления в почве. Волны фокусируются на приемник, подвешенный на кабелях.

даже мельчайшие объекты будут регистрироваться в виде больших размытых пятен величиной с полную Луну. Из-за этого отдельный радиотелескоп не в состоянии определить положение, размеры и форму объектов, за исключением самых крупных.

Существует много видов радиотелескопов, и каждый из них имеет свое практическое применение. Множество инструментов похожи на пионерский телескоп Рибера: у них большие чашеобразные антенны, которые можно поворачивать в различных направлениях. Первый инструмент Рибера был установлен



Рис. 7. Интерферометр Национальной радиоастрономической обсерватории в Грин-Бэнк, Западная Виргиния, состоящий из трех 25-метровых радиотелескопов. Точность измерения длины волны повышается при использовании двух или более телескопов, расположенных на одной прямой.

так, что его можно было направлять вдоль линии север — юг, поэтому ему приходилось фиксировать телескоп и ждать, пока какой-либо интересующий исследователя объект не пройдет через поле зрения вследствие вращения Земли. Сейчас мы располагаем гораздо большими телескопами, смонтированными на прочных и легко поворачивающихся установках, позволяющих наводить их в любом направлении и медленно следовать за объектом, держа его точно в поле зрения, пока он находится над горизонтом. Существуют также системы инструментов, которые включают много таких чашеобразных антенн, расположенных обычно в форме креста для получения наибольшего разрешения. Некоторые из этих крестообразных инструментов имеют в длину и в ширину большие километра.

Новейшая и наиболее интересная система использует два телескопа, находящихся на очень большом расстоянии друг от друга, что позволяет точно проанализировать принимаемые волны. Это значительно улучшает разрешение. Например, недавно с помощью радиотелескопов, расположенных на разных концах континента, были определены размеры нескольких малых источников радиовлучения. Для того чтобы заниматься межконтинентальной радиоастрономией, необходимо иметь исключительно точные атомные часы, которые регистрировали бы время достижения каждой волной каждого из этих телескопов. Сигналы сравниваются, для чего ученым иногда приходится перевозить с собой атомные часы с одной установки на другую, например из Пуэрто-Рико через все Соединенные Штаты в Калифорнию. После того как это сделано, можно точно определить размеры малых объектов. Это интересный и совершенно неожиданный новый метод, который будет широко использоваться в последующих радиоастрономических экспериментах.

Откуда они приходят?

Существуют самые разнообразные типы источников радиовлучения. Сначала не были выявлены отдельные источники, так как разрешающая способность первых радиотелескопов была недостаточной, чтобы астрономы с уверенностью могли сказать, откуда же исходят радиоволны. По мере повышения разрешающей способности удалось установить, что общий шум — результат излучения многих отдельных объектов,

Одним из самых ярких источников оказалось Солнце, хотя его нельзя считать постоянным источником, разве что для излучения слабой интенсивности. Однако время от времени Солнце испускает интенсивные всплески радиошума, причем особенно часто это происходит в период максимальной активности на его поверхности.

Планеты также являются «радиопередатчиками»; испускаемые ими радиоволны имеют тепловое происхождение. Например, мы можем зарегистрировать радиоволны, идущие от Венеры, потому что у нее горячая поверхность с температурой около 600 градусов Кельвина (градусы Кельвина — это градусы Цельсия, отсчитываемые от абсолютного нуля температуры, соответствующего —273 градусам Цельсия; температуры звезд в нашей книге выражаются в шкале Кельвина). Один из самых интересных периодов в ранней истории новой области исследований связан с тем, что радиоволны с Венеры свидетельствовали об очень высокой температуре ее поверхности, хотя предшествовавшие исследования астрономов отмечали очень низкую температуру облачных слоев планеты. Это было «первой ласточкой», оповещавшей о том, что условия на поверхности Венеры совершенно непохожи на условия на поверхности Земли, что впоследствии убедительно продемонстрировали космические ракеты.

Другое важное событие в радиоастрономии произошло тогда, когда было открыто, что обычный нейтральный водород является источником радиоволн. Водород испускает монохроматическое излучение с длиной волны 21 сантиметр. Это излучение водорода очень многое рассказывает нам о нашей и других галактиках. Исследование радиоизлучения с длиной волны 21 сантиметр позволяет обрисовать спиральные ветви нашей Галактики, которые в оптические телескопы не видны. Открытие этого излучения впервые дало астрономам возможность составить полную картину Галактики, включая и области, расположенные за ее ядром. В оптические телескопы эти отдаленные районы Галактики совсем не видны из-за того, что они закрыты пылевыми облаками, прозрачными для радиоволн.

Теперь мы также можем отыскивать горячие объекты нашей Галактики, например газовые облака, нагретые светом расположенных вблизи очень ярких звезд. Исследование их радиоизлучения позволяет нам определить температуру этих газовых облаков, установить, какие процессы в них происходят и как в таких областях рождаются звезды.

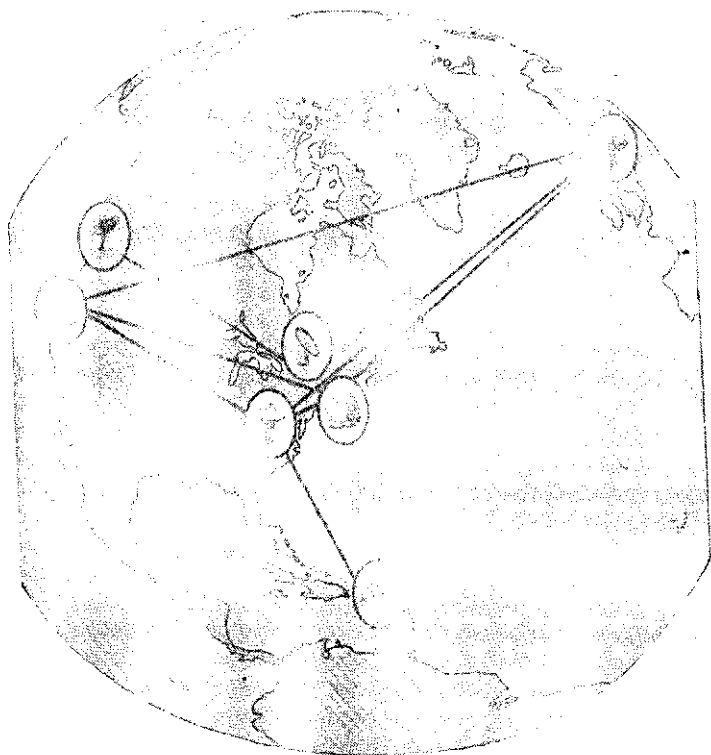


Рис. 8. Расположение радиотелескопов, используемых для интерферометрических наблюдений с большим базисом. Малые объекты можно «увидеть» с помощью радиоволн более отчетливо, если сравнивать сигналы, полученные инструментами, расположенными на разных концах континента или еще дальше друг от друга.

Пожалуй, самыми странными и неожиданными являются те источники ради шума, которые не имеют ничего общего с так называемым тепловым излучением, т. е. излучением, испускаемым нагретым веществом. С помощью радиотелескопов был открыт ряд нетепловых источников, совершенно удивительных по всем своим характеристикам. Примером таких объектов могут служить остатки сверхновых звезд, представляющие собой хаотическое скопление пыли и газовых облаков, возникающих в результате того, что звезда по некоторым при-

чивам полностью взрывается и распыляет свое вещество в окружающее пространство.

Взрыв, приводящий к гибели звезды, освобождает так много энергии и вызывает настолько сильные возмущения, что выброшенные быстро движущиеся частицы становятся источниками излучения. Этот вид излучения лучше всего воспринимается в диапазоне радиоволн, и если бы не радиотелескопы, то его до сих пор так и не удалось бы обнаружить оптическими средствами. Это излучение было названо синхротронным, так как в лабораторных условиях оно было получено в синхротроне — большой установке, используемой физиками для ускорения элементарных частиц. Физики регистрируют эти синхротронные радиоволны (а также световые волны), разгоняя заряженные частицы, например электроны и протоны, до скоростей, близких к скорости света. Для получения такого синхротронного излучения необходимо также, чтобы электроны и протоны двигались в магнитном поле. При наблюдении всех этих условий частицы испускают излучение, примерно одинаково интенсивное во всех длинах волн. Мы регистрируем излучение от этих источников на волнах длиной 100 метров, а также в ультрафиолетовой и даже рентгеновской областях спектра.

Нетепловые, или синхротронные, источники радиоизлучения обнаружены и за пределами нашей Галактики. В нашей собственной Галактике это большей частью остатки сверхновых звезд, а на гигантских расстояниях такие источники оказываются значительно более крупными объектами — взрывающимися галактиками и квазарами. Они, по-видимому, связаны с гигантскими взрывами, природу которых никто из астрономов не мог предвидеть. Эти источники настолько удивительны по своим свойствам, что астрономы до сих пор недоумевают, как они могли возникнуть. В следующих главах будут описаны некоторые из этих интересных, недавно открытых объектов.

3. Таинственные квазары

В декабре 1960 г. молодой астроном впервые сфотографировал один из самых замечательных и загадочных объектов во Вселенной. Этим астрономом был Алан Сэндидж, уже известный своей важной работой по определению расстояний галактик. Он получил фотографию с помощью наибольшего в мире оптического телескопа, установленного высоко на горе Паломар в южной Калифорнии. Экспозиция снимка длилась почти час, и все это время Сэндидж сидел скрючившись в холодной кабине наблюдателя гигантского телескопа, вознесенной к самой вершине трубы, высоко под огромным темным куполом.

Телескоп был тщательно установлен в направлении сильного источника радиоизлучения, обозначаемого 3C 48. Этот источник радиоволн был открыт в Англии, а его положение на небе с очень высокой точностью определили с помощью двойного гигантского радиотелескопа в Оуэнс-Вэлли, Калифорния. Это был странный и необычный источник, так как для своей радиояркости он имел поразительно малые размеры. Поэтому, проявляя фотографию, Сэндидж плохо себе представлял, что он увидит. Может быть, это далекая особая галактика с неправильной структурой?

Точно на том месте, которое указывали радиоастрономы, находился объект, не похожий ни на что ранее виденное Сэндиджем. Это не было ни обычной, ни даже неправильной галактикой. Вместо этого там находилась слабая звезда, сама по себе ничего необычного не представлявшая, но с одной стороны от нее был еле различимый выброс. Слабая искорка света указывала на звезду, как бы говоря: «Посмотрите, вот то, за чем вы охотитесь».

Никогда прежде звезда или звездоподобный объект не были источниками радиоволн, и никто прежде не видел звезду с направленным на нее световым указателем. О «радиозвездах» говорили еще давным-давно, в те дни, когда источники радиоизлучения не были ни с чем отождествлены, но с тех пор было установлено, что звезды никогда не являются такими источниками. Это всегда были газовые облака или особые галактики. Казалось, что была открыта первая подлинная радиозвезда. Конечно, это была не обычная звезда, о чем свидетельствовала полоска света. Поэтому ЗС 48 назвали «квазизвездным источником радиоизлучения», — длинное и неуклюжее название, которое ученые сократили до слова «кварз».

Вскоре после того, как этот объект был отождествлен с источником ЗС 48, Сэндидж открыл еще одну его особенность. С помощью чрезвычайно чувствительного приемника света, называемого фотоэлектрическим фотометром, он обнаружил, что объект отличается аномальным цветом. Для обычной звезды у него слишком яркое излучение в синих и ультрафиолетовых лучах.

Спектр источника ЗС 48, полученный Сэндиджем, тоже преподнес ученым сюрприз. Спектр представляет собой фотографию, на которой свет объекта разложен на все цвета в непрерывной последовательности от самого синего, какой только может зафиксировать пленка, до самого красного. У нормальной звезды спектр непрерывный — в нем присутствуют все цвета. В непрерывном спектре звезды имеются очень узкие пробелы в тех местах, куда попадает мало света. Эти так называемые линии поглощения соответствуют тем длинам волн, в которых свет не достигает телескопа, потому что он поглощается в звездной атмосфере. По их положению в спектре можно судить об элементах, находящихся на этой звезде. Спектр объекта ЗС 48 был совершенно непохож на непрерывный спектр. Не было излучения, «размазанного» по всем цветам; вместо этого на почти черном фоне выделялось несколько очень ярких линий. Эти линии оказались узкими цветными полосами, в которых излучался почти весь свет странного объекта. Такой тип спектра — спектр с яркими линиями — наблюдался неоднократно и прежде, но не у звезд, а всегда только у газовых туманностей — гигантских масс светящегося газа. В спектрах некоторых звезд заметны яркие линии, вызванные присутствием в их атмосфере или над ней светящегося газа,



Рис. 9. Подобно этому астроному, доктор Алан Сэндидж сидел в кабине гигантского телескопа Хэла на обсерватории Маунт Паломар, фотографируя первый источник радиоизлучения, представившийся звездой. Подобные источники теперь называются квазарами. Знаменитое 200-дюймовое зеркало видно в дальнем конце трубы, составленной из металлических балок. Фокус зеркала, где собираются все лучи, находится в кабине.

но они всегда сопровождаются непрерывным спектром самой звезды. Впервые была обнаружена видимая звезда со спектром, почти полностью состоящим из ярких линий, но еще больше потрясло астрономов то, что ни одна из этих линий не находилась на своем обычном месте. Сэндидж оказался совершенно не в состоянии отождествить какую-либо линию с линиями всех известных химических элементов.

Спектр объекта 3C 48 оставался полной загадкой до 1963 г., когда в астрономии произошло важное событие. Первый шаг сделали три астронома в Австралии, использовавшие огромный 64-метровый радиотелескоп в Парксе для определения точного

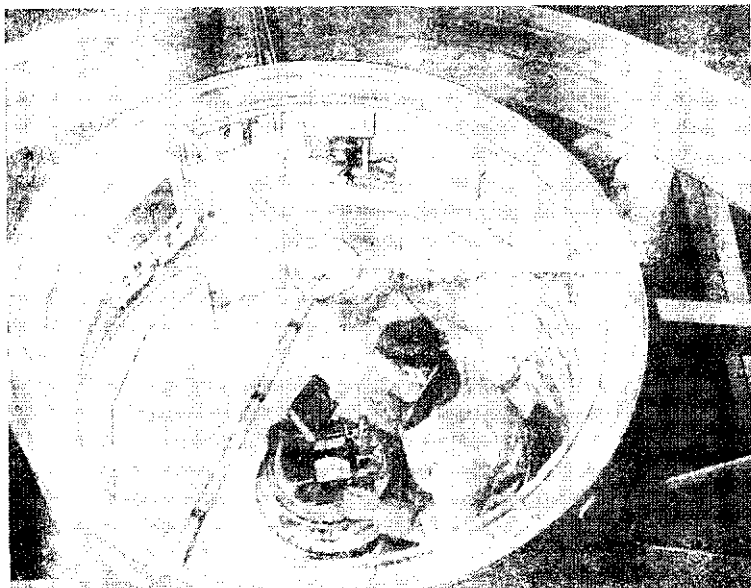


Рис. 10. Кабина 200-дюймового телескопа, показанная крупным планом; находящийся в ней ученый держит в руках кассету с фотопленкой. По мере вращения Земли телескоп автоматически поворачивается с той же скоростью, однако более тонкая регулировка производится наблюдателем, глядящим в окуляр вспомогательного телескопа.

положения другого источника радиоизлучения, обозначенного ЗС 273. Эти астрономы воспользовались тем, что Луна иногда проходит непосредственно перед объектом ЗС 273, затмевая его. Они смогли определить точное положение этого источника, направив на него радиотелескоп непосредственно перед таким затмением и регистрируя радиосигналы источника во время прохождения перед ним Луны. Точное время прохождения Луны перед источником можно было определить, регистрируя сигнал и отметив момент его внезапного прекращения. В начале 1963 г. этот австралийский эксперимент удался, причем было установлено, что источник ЗС 273 чрезвычайно яркий, маленький и двойной; радиоизмерения дали новое чрезвычайно точное положение обеих его частей.

Линии отождествлены

После того как эти координаты стали широко известны, оказалось, что источник 3C 273 совпадает с довольно яркой звездой (яркой, конечно, по понятиям астрономов, так как она примерно в 400 раз слабее самых слабых звезд, видимых невооруженным глазом). Это оказалась не просто яркая звезда, рядом с ней была обнаружена направленная на нее светлая черточка, так же, как в источнике 3C 48; второй источник радиоизлучения находился как раз на конце этой черточки. Было также установлено, что источник 3C 273 имеет необычный цвет и спектр, в основном состоящий из ярких линий. Но главным было то, что яркие линии в спектре 3C 273 удалось отождествить.

Эти линии оказались принадлежащими главным образом водороду, что впервые установил Маартен Шмидт из Калифорнийского технологического института. Раньше этого не удавалось выяснить, потому что они не совпадали с нормальными положениями линий водорода, а все были одинаковым образом



Рис. 11. Квazar 3C 273 со светящимся «выбросом» в нижней правой части. Выброс, по-видимому, является результатом взрыва, но астрономы в этом еще не уверены.

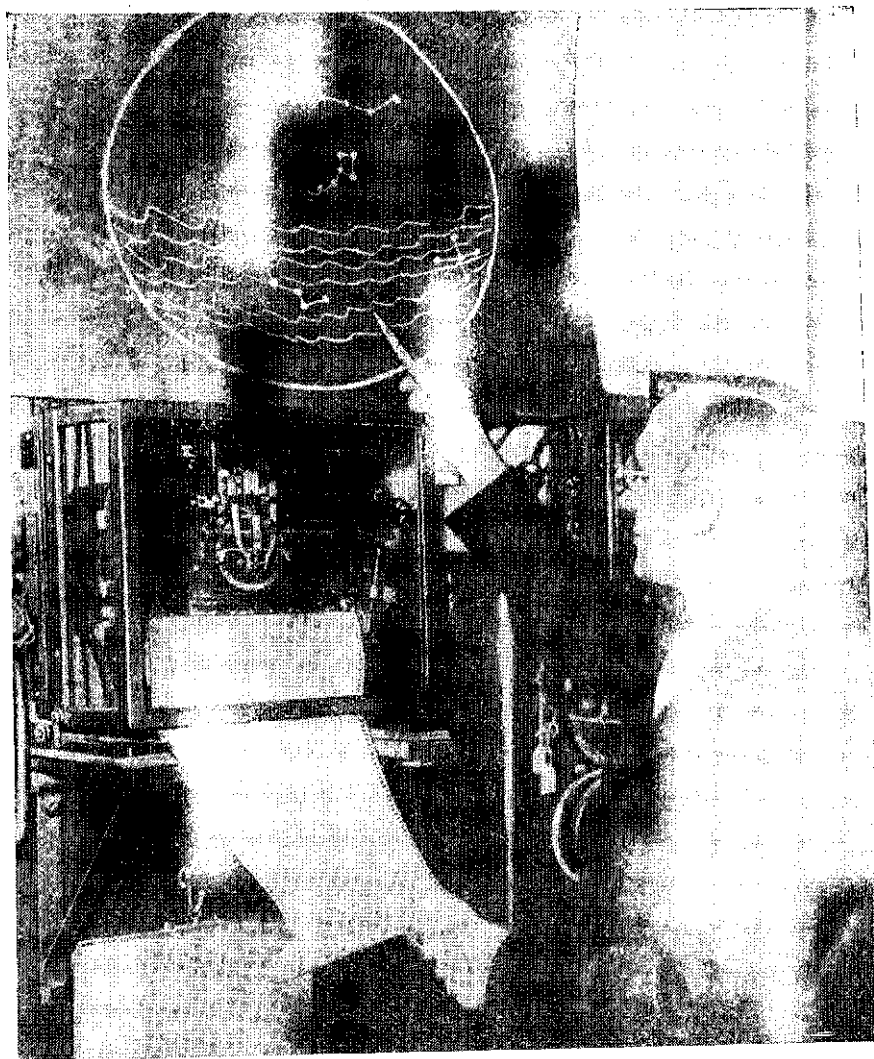
смещены к красному концу спектра, далеко от своих обычных мест. Шмидт указал, что этот факт можно объяснить очень просто, но совершенно неожиданным образом. Световые волны могут смещаться к красному концу спектра по сравнению со своим нормальным положением в тех случаях, когда источник удаляется от наблюдателя. В случае объекта 3С 273 величина красного смещения большая и соответствует огромной скорости в 50 000 километров в секунду.

Тогда астрономы вернулись к полученному Сэндиджем спектру первого квазара 3С 48 и поняли, что странные яркие линии в этом спектре были, по сути дела, теми же линиями, что и в спектре 3С 273, т.е. обычными линиями водорода, но смещенными еще дальше к красному концу. Красное смещение линий в спектре 3С 48 было настолько большим, что оно соответствовало скорости примерно в 110 000 километров в секунду.

Еще квазары

В последующие годы было открыто еще много других квазаров. Сейчас их известно больше сотни. Все они гораздо слабее самого яркого квазара 3С 273; в среднем блеск этих квазаров в 50 000 раз слабее блеска самой тусклой звездочки, еще видимой невооруженным глазом. Не все они являются мощными источниками радиоизлучения. Это факт впервые установил в 1965 г. Сэндидж, пытаясь отождествить некоторые источники радиоизлучения и обнаружив вблизи них несколько других квазароподобных объектов, не совпадавших с какими-либо известными радиоисточниками. Но все они обладали главными особенностями, первоначально обнаруженными у квазара 3С 48.

В 1963 г. Сэндидж со своим коллегой Томасом Мэтьюсом сообщили еще об одной особенности квазара 3С 48. С помощью чувствительного фотоэлектрического фотометра, установленного на 200-дюймовом телескопе, они обнаружили, что яркость этого источника меняется при наблюдениях в разные ночи. В течение года его яркость менялась почти на 50%. После открытия квазара 3С 273 группы астрономов в Гарварде (США) и Пулково (СССР) обратились к старым собраниям пластинок, относящихся к концу прошлого века, и нашли, что за эти 70 лет квазар 3С 273 неправильным образом менял свой блеск более чем на 50%.



Р и с. 12. Карл Янский в лаборатории фирмы «Белл телефон» указывает ту область Млечного Пути, откуда он впервые услышал космические радишумы (1933 г.).

Впоследствии было обнаружено, что многие другие квазары изменяют свой блеск, иногда довольно заметно, уже за несколько минут. Это оказалось одной из самых поразительных особенностей таких объектов, и придумать ей разумное объяснение чрезвычайно трудно, поскольку если квазар за короткое время меняет свой блеск, то это должен быть маленький объект. Его размеры не могут быть больше того расстояния, которое свет проходит за время изменения блеска; в противном случае световые колебания были бы смазаны. Квазары не могут иметь поперечник, превышающий 25 миллиардов километров. Но если они так малы (конечно, в астрономическом масштабе), то почему они отличаются такой большой яркостью? Как они могут вырабатывать столько световой и радиоэнергии?

По мере открытия новых квазаров снова и снова подтверждалось, что у них очень большие скорости. В постоянное время известны квазары с огромными скоростями, у которых линии настолько смещены к красному концу спектра, что некоторые привычные для астрономов линии полностью ушли в область инфракрасного излучения. Многие линии, заметные в спектрах квазаров, астрономами раньше никогда не наблюдались, поскольку обычно они встречаются в невидимой ультрафиолетовой области. Они, образно говоря, появляются на сцене из-за кулис.

По имеющимся оценкам, скорости самых быстрых квазаров достигают 80% скорости света (равной примерно 300 000 километров в секунду). Эта скорость поистине настолько высока, что о ней трудно судить, не зная геометрии Вселенной в целом. Скорости квазаров превышают скорости всех других известных объектов: они заставили астрономов и физиков задуматься и по-новому взглянуть на свои фундаментальные теории.

Далеки ли от нас квазары?

Что такое квазары и где они находятся? На эти вопросы не было получено ответа в эпоху их открытия и ранней стадии изучения. В значительной мере вопросы остаются на повестке дня и сейчас, так как квазары поставили перед нами множество задач, к которым мы даже не знаем, как подойти. Но сейчас полагают, что нам по крайней мере известно, где они расположены.

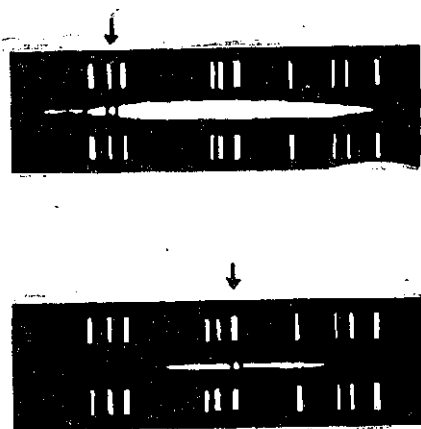


Рис. 13. Сравнение лабораторных спектров со спектрами галактик, позволяющее установить скорость, с которой галактики удаляются от нас. Положение спектральных линий влево и вправо от белой точки (под стрелкой) свидетельствует об удалении со скоростью 1200 километров в секунду (верхний снимок) и 40 000 километров в секунду (нижний снимок). Смещение этих линий у далеких галактик к красному концу спектра называется красным смещением.

Мы знаем, что чем дальше от нас находится галактика, тем с большей скоростью она от нас удаляется. Этот факт, установленный примерно в 1920 г., привел к появлению теории расширяющейся Вселенной, согласно которой галактики разбегаются друг от друга. Мы полагаем, что понимаем, почему Вселенная расширяется, опираясь на представление о первоначальном взрыве, происшедшем, по мнению ряда современных ученых, около 10 миллиардов лет назад. В то время вся материя Вселенной была собрана в маленьком объеме, из которого она быстро истекала. Таким образом, наиболее быстрые галактики — самые далекие от нас, а те, у которых скорость наименьшая, — самые близкие. Конечно, все измеренные скорости относительны, и мы не в состоянии установить, по крайней мере в настоящее время, где находится центр Вселенной, если он вообще существует. Тем не менее, измеряя скорость галактики, мы можем определить ее расстояние.

Наиболее далекие галактики с измеренными скоростями удаляются от нас почти так же быстро, как квазар 3C 48, т. е. со скоростью 110 000 километров в секунду, и расстояния до

них составляют около 5 миллиардов световых лет (световой год — расстояние, которое свет проходит за год, пробегая 300 000 километров в секунду). Сейчас мы полагаем, что квазары, вероятно, участвуют в расширении Вселенной, и хотя это не обычные галактики (если они вообще галактики), ожидается, что их скорости укажут их расстояния, как и в случае несомненных галактик. Поэтому самые далекие квазары, имеющие скорости 240 000 километров в секунду, должны находиться на расстоянии около 10 миллиардов световых лет.

А не ближе ли они на самом деле?

Колоссальные скорости и весьма своеобразный внешний вид квазаров, а также их большая яркость в видимом свете и в радиоволнах заставили некоторых ученых усомниться, соответствуют ли их скорости скоростям расширения Вселенной. Ведь если принять, что эти квазары находятся на столь больших расстояниях, как это следует из исходных данных, то ни одним разумным физическим процессом невозможно объяснить то невообразимо огромное количество световой и радиоэнергии, которую они испускают. Некоторые астрономы высказали предположение, что, возможно, существует какой-то другой процесс, смещающий спектральные линии, и что квазары в действительности находятся довольно близко, быть может, в нашей собственной Галактике или в ее окрестностях.

Единственный другой эффект, который может вызвать подобное красное смещение, связан с общей теорией относительности; он называется гравитационным красным смещением. Этот эффект наблюдается у чрезвычайно массивных объектов, настолько массивных, что их гравитационное притяжение действует и на свет. Грубо говоря, тело тянет свет к себе и смещает его к красному концу спектра. Трудно построить разумную модель квазара, которая давала бы такое же большое красное смещение, как те, которые до сих пор наблюдались. И действительно, такие объекты должны были по своей массе быть сравнимыми с целой галактикой или даже превышать ее, а по своим размерам во много раз этим же галактикам уступать.

Если же мы утверждаем, что квазары расположены вблизи нашей Галактики, но движутся с указанными скоростями, то

перед вами встанет коварный вопрос: «Почему мы видим только квазары, движущиеся от нас, а не видим подобные объекты, движущиеся к нам?» Отсутствие ответа на него, по-видимому, свидетельствует против этой идеи.

Что же они собой представляют?

Для объяснения квазаров было выдвинуто много теорий, каждая из которых требует выполнения ряда поразительных условий. Например, некоторые ученые считают, что квазары возникают в результате огромного числа взрывов звезд. Мы знаем, что время от времени звезды взрываются; когда мы наблюдаем такой взрыв, то мы называем это явление сверхновой звездой. По мнению ряда астрономов, квазар — это наблюдаемый взрыв большого числа сверхновых, происходящий в маленькой области пространства. Но это должно означать, что объект, содержащий столько же звезд, сколько и целая галактика, плотно ими набит, причем все они взрываются в одно и то же время. Такой объект на самом деле оказался бы поразительным и совершенно неожиданным по своей природе.

Другое предположение состоит в том, что квазары — это маленькие, чрезвычайно плотные объекты с очень большим числом звезд, которые все с большими и большими скоростями сталкиваются друг с другом. Так возникает необычайно горячая и взрывчатая смесь звезд и газа, объясняющая многие свойства квазаров, по крайней мере на сравнительно короткое время.

Еще одна теория привлекает для объяснения гравитационный коллапс (сжатие) массивной сверхзвезды. Астрономы — приверженцы теории относительности — утверждают, что при таком коллапсе могло бы выделяться колоссальное количество энергии, наблюдаемое как квазар.

Несколько теорий квазаров обращается к антивеществу. Физики показали в лабораториях, что для всех частиц обычного вещества существуют точные аналоги из антивещества. При столкновении подобных частиц вещества и антивещества немедленно происходит взрыв и взаимное уничтожение — аннигиляция. Доказательств существования в природе антивещества пока нет. Физикам приходится создавать антивещество в колоссальных ускорителях ядерных частиц. Но некоторые ученые полагают, что в далеком пространстве могут существо-

вать звезды и целые галактики из антивещества и что в результате столкновения галактики из вещества с галактикой из антивещества может появиться квазар.

Имеются и другие теории квазаров, причем некоторые из них в высшей степени неправдоподобны, но могут оказаться правильными. Одни астрономы полагают, что это формирующиеся галактики, а другие предполагают, что квазары — это, возможно, «фантомы» изображений более далеких объектов, изображений, возникающих в результате загадочного процесса искривления световых лучей, называемого в общей теории относительности гравитационной фокусировкой. Неизвестно, какая из этих теорий правильна, но самые последние открытия показали по крайней мере, что ответ может быть в конце концов получен в связи с природой другого класса странных объектов — взрывающихся галактик.

4. Как взрываются галактики?

Галактика, содержащая миллион миллионов звезд, очевидно, довольно внушительный объект. Взрыв, при котором такая галактика полностью уничтожается и пространство наполняется горячим газом и пылью, — довольно внушительный взрыв. Радиоастрономия доказала, что во многих наблюдаемых нами галактиках недавно произошли такие колоссальные взрывы. Почему происходят эти взрывы — одна из интереснейших загадок современной астрономии.

Примерно на расстоянии 10 миллионов световых лет от нас находится галактика М 82. Конечно, это огромное расстояние, но для галактики оно сравнительно невелико. Это чрезвычайно странный объект, и нам удалось объяснить его особенности. Около миллиона лет назад в его центре произошел гигантский взрыв. До этого события М 82 была, по-видимому, совершенно обычной спиральной галактикой, похожей в какой-то мере на нашу собственную, но далеко не такой большой. По тому, что наблюдается сейчас, мы можем восстановить, что же с ней произошло. После взрыва ее ядро стало необычайно ярким. От этого центра во все стороны стали растекаться колоссальные потоки газа со скоростью в тысячи километров в секунду. Одновременно из ядра были выброшены огромные облака пыли, общая масса которых достигала невероятного значения. Когда эти газ и пыль проносились сквозь спиральные ветви, они сталкивались с находившимися там пылевыми и газовыми облаками, изменяя их облик и разрушая спиральную форму всей системы. С течением времени и по мере того, как вещество распространялось все дальше и дальше к окраинам галактики, терялась ее первоначальная форма, так как многое закрыла пыль, а взорвавшийся газ светился так ярко, что на его фоне звезды казались слабыми.

Наблюдатель, находящийся на планете, которая обращается вокруг одной из звезд галактики М 82, увидел бы живописное зрелище. Прежде всего он обратил бы внимание на необычайно яркое пятно света в направлении к центру его галактики. Если бы его звезда находилась достаточно близко к этому центру, то световое пятно могло бы оказаться ярче его собственного солнца, так что ночь на нашей воображаемой планете была бы такой же светлой, как день. Через несколько сотен лет яркость этого центрального пятна уменьшилась бы. Будь продолжительность жизни придуманного нами наблюдателя очень большой, он увидел бы, как огромное облако раскаленного газа постепенно растет, пока не покроет полностью все ночное небо. Ему не удалось бы ничего больше видеть, кроме ближайших звезд. Все остальное было бы скрыто светящимся газом или грандиозными облаками черной пыли. Если до взрыва он с помощью телескопа следил за нашей Галактикой, Млечным Путем, то после него этот наблюдатель не увидит ни нас, ни какую-либо другую галактику, скрытые малопрозрачной завесой. Ну, а если он до сих пор находится в галактике М 82, то теперь он видит в основном хаос. Наша Галактика для него до сих пор скрыта выброшенным веществом. Нашему наблюдателю, вероятно, доступны лишь ближайшие звезды, а небосвод у него над головой сияет ярким светом.

Когда мы теперь рассматриваем галактику М 82, нам она представляется бесформенным, неправильным объектом. Мы подозреваем, что где-то внутри всей бесформенной массы находится обычная спиральная галактика. Но большая часть этой нормальной структуры опутана яркими нитями, сияющим ореолом и огромными количествами пыли. Мы видим гигантские языки газа, тянущиеся из центра на невообразимо большие расстояния. Измеряя скорость этого газа, мы находим, что он проходит примерно тысячу километров в секунду, хотя, как мы установили, породивший его взрыв произошел около миллиона лет назад. Эти нити газа выступают за пределы галактики на расстояния до 10 тысяч световых лет.

Когда мы направили свои радиотелескопы на галактику М 82, то обнаружили, что она является источником радиоизлучения. Большая часть излучения в этих длинах волн приходит из самого центра галактики: его создают быстрые электроны, движущиеся почти со скоростью света в сильном магнитном поле. Вероятно, и магнитное поле, и быстрые электроны возникли при взрыве, видоизменившем М 82. Как мы уже знаем,

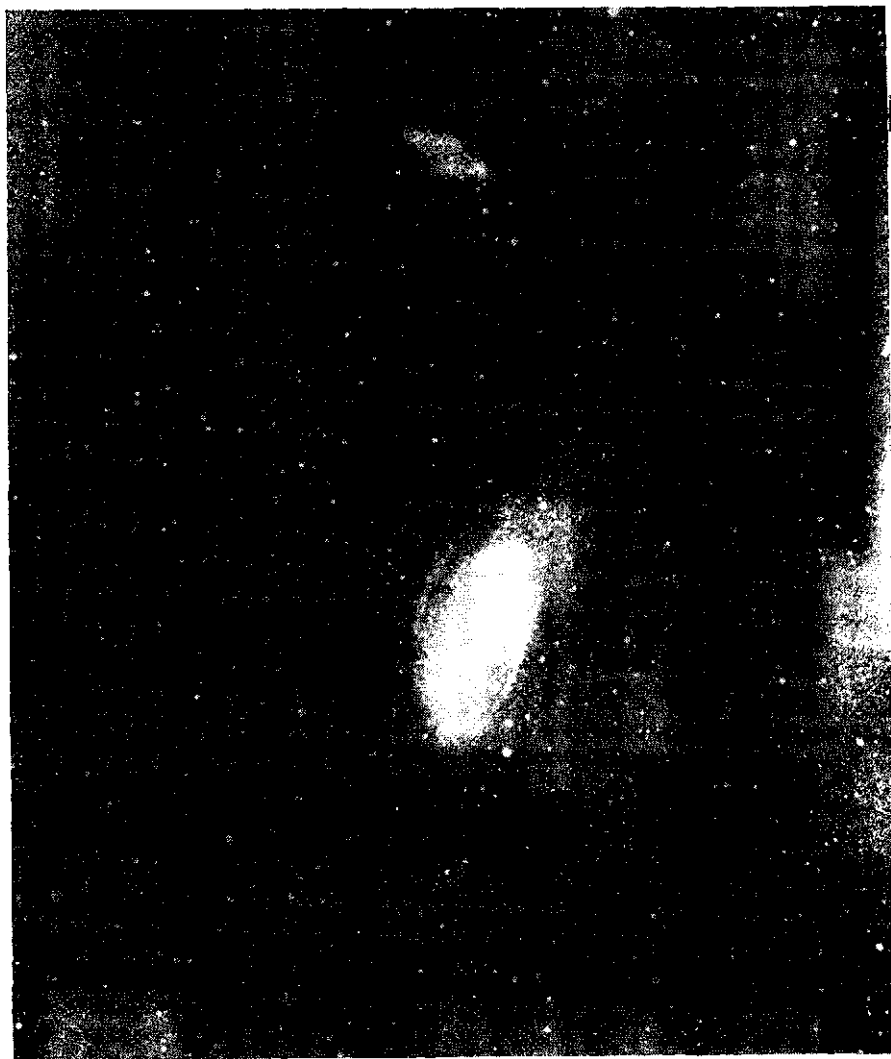


Рис. 14. Галактика М 82 (NGC 3034) видна в верхней части фотографии; галактика М 81 (или NGC 3031) в Большой Медведице видна ниже и представляет собой нормальную галактику. Галактика М 82 — необычная галактика, весь ее внешний вид свидетельствует о колоссальном взрыве, который произошел несколько миллионов лет назад.

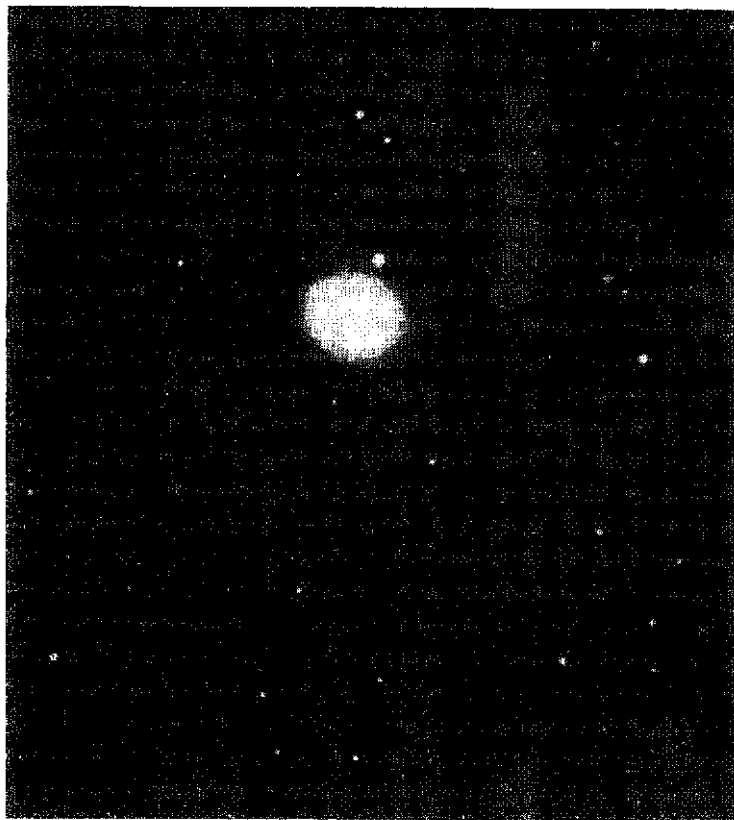


Рис. 15 Галактика с взрывающимся ядром. Этот объект, называемый NGC 1068, испускает мощный поток радиоволн, и в его ярком ядре сейчас происходит сильнейший взрыв который продлится несколько миллионов лет.

этот особый вид излучения называется синхротронным излучением и обнаруживается лишь в тех уголках Вселенной, где происходили чрезвычайно разрушительные события. Исследуя свечение центральных областей этой системы с помощью больших оптических телескопов, мы замечаем, что большая часть этого свечения вызывается синхротронным излучением, а не звездами галактики. Именно это излучение всей галактики и не позволяет нам видеть отдельные звезды.

Галактика М 82 — не единственная, которая пережила такой взрыв. Возможно, все галактики проходили стадию подобных взрывов в течение своей продолжительной истории. В любой момент мы можем видеть с помощью оптических телескопов поразительно большое число галактик, которые недавно пережили или сейчас переживают взрыв, подобный потрясшему галактику М 82. Имеются сотни галактик, отождествленных с сильными источниками радиовлучения. В каталогах зарегистрировано много тысяч источников радиовлучения, представляющих собой, по-видимому, более далекие галактики. Они не являются точными копиями системы М 82, поскольку некоторые из них значительно сильнее ее, а другие слабее. Известны и гораздо более сложные и более простые по структуре галактики.

Характер взрыва

Примерно у половины радиогалактик радиоволны испускаются областями пространства, значительно превышающими размер объекта в оптических лучах. Например, самая большая из этих галактик излучает радиоволны с площади, в 100 раз превосходящей саму галактику. У других излучение исходит с маленькой площади, либо совпадающей с центром, либо распространяющейся на всю видимую часть системы.

Среди источников радиовлучения, характеризующихся большими площадями, значительную часть составляют двойные объекты. Радиоволны испускаются горячими пятнами «пад» и «под» видимой галактикой. В этих случаях излучение, вероятно, возникает в результате взрыва, происшедшего в весьма отдаленном прошлом, несколько миллионов лет назад, и испускается электронами и протонами, которые с огромной скоростью были выброшены из галактики во время взрыва. Сейчас они находятся в конусах пространства на некотором расстоянии от главного тела галактики.

Возможно, что мы видим горячие пятна вне галактики, потому что сама галактика и вещество, прежде находившееся между ее звездами, помешали этим быстрым частицам разлететься по всем направлениям, кроме направлений, перпендикулярных к ее плоскости. Можно полагать, что спиральная галактика имеет довольно плоскую форму, напоминающую тарелку, и если внутри нее происходит взрыв, разбрасывающий вещество во все стороны, то та часть вещества, которая устрем-

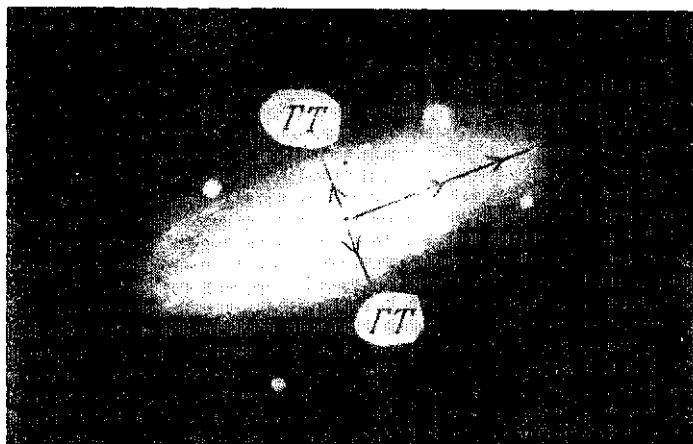


Рис. 16. Галактика — весьма плоская система; объект NGC 2811, повернутый к нам под небольшим углом, иллюстрирует тот факт, что выброшенные взрывом из ядра галактики электроны и протоны, которые летят в ее плоскости, вскоре будут задержаны, а те, которые летят перпендикулярно этой плоскости, уйдут в космическое пространство, где их можно будет видеть миллионы лет спустя. Если ядро NGC 2811 когда-либо взорвется, то астрономы будущего в конце концов зарегистрируют радиоволны из двух указанных на этой фотографии горячих точек (ГТ).

ляется в плоскости тарелки, наталкивается на падающие там газ и пыль и постепенно уменьшает свою скорость. Но та часть вещества, которая выбрасывается перпендикулярно плоскости тарелки, не встречает особого сопротивления; она может удалиться довольно далеко в пространство.

Возможное объяснение различия между объектами, имеющими большие двойные источники радионизлучения, и галактиками, у которых радиоволны излучаются только оптическим телом, состоит в том, что это разные стадии развития взрывающейся галактики. Не исключено, что общая картина может быть объяснена следующим образом: сначала взрыв происходит в самом центре галактики, и мы наблюдаем нечто похожее на квазар. Этот объект чрезвычайно, почти неправдоподобно ярок, но очень мал и сначала не влияет на остальную часть галактики. Затем вещество, выброшенное взрывом, распространяясь

далее, вызывает хаос и разрушение во всей галактике. Радиоволны от галактики начинают поступать прежде всего от ее центральных областей, затем, с течением времени, последствия разрушений ослабевают и вещество в самой галактике остывает. Но пыль и газы, выброшенные перпендикулярно плоскости галактики, продолжают расширяться во внешнем пространстве, и в конце концов мы наблюдаем два очень далеких источника радиоизлучения по обе стороны галактики. Наконец, они охватывают такой большой объем пространства, что их уже невозможно бывает обнаружить, а сама галактика очень медленно и постепенно возвращается к своему обычному состоянию.

Существует особый тип галактик, открытый в 40-х годах астрономом Карлом Сейфертом, который мы теперь считаем тесно связанным с радиогалактиками. У них видны очень яркие ядра, внутри которых происходят движения с большими скоростями и наблюдаются очень высокие температуры. Возможно, галактики Сейферта представляют собой начальные стадии взрывающихся галактик, замеченные до того, как большая часть взорвавшегося вещества вышла из области ядра.

Сколько их, как часто они встречаются?

Вычислено, что примерно 1% всех галактик находится в настоящее время в стадии взрыва. Сюда входят радиогалактики и галактики Сейферта. Эта статистика может быть истолкована двояко. Либо 1% всех галактик по своей природе подвержен таким «несчастливым случаям» и постоянно испытывает эти мощные взрывы, либо взрываться могут все галактики, но одновременно в стадиях взрыва находится 1% из них. По мере накопления более детальных сведений об общей истории галактик мы начинаем понимать, что второе объяснение, вероятно, более правильно. Представляется, что все галактики проходят стадии страшных взрывов и что в эти периоды большая часть их вещества разрушается и перестраивается. Подобный взрыв может занимать значительный период в истории такой галактики. Расчеты показывают, что описываемые взрывы происходят в галактике примерно один раз в сто миллионов лет.

Если бы в нашей Галактике произошел сравнительно недавно такой взрыв в ее центре, то он мог бы объяснить очень интенсивный источник радиоизлучения, наблюдаемый на этом месте. Он мог бы также объяснить расширяющиеся спираль-

ные ветви, обнаруженные вблизи центра, и перемешанную, хаотическую структуру газа, обнаруживаемую радиотелескопами в направлении к антицентру Галактики. Существует даже вероятность того, что, когда происходили взрывы, гигантские пылевые облака проходили сквозь Галактику и попадали в Солнечную систему. Если бы плотность пыли была высока, многие из этих пылевых частиц столкнулись бы с Землей и, оседая в атмосфере, способствовали бы образованию дождевых облаков. Мы очень хорошо понимаем, что если бы в атмосферу Земли попало много пылевых частиц, то повсюду значительно увеличилось бы количество осадков. А это, возможно, привело бы даже к ледниковому периоду.

Почему происходит взрыв?

Полное количество энергии, выделяющейся при взрыве галактики, почти невообразимо велико. Фактически невозможно даже представить себе размеры галактики, не говоря уже о том, какая энергия требуется для ее взрыва. Обратимся к примеру с атомной бомбой. Если бы мы взяли миллион таких бомб и сложили бы их в одной комнате, мы бы получили весьма взрывчатый объект. А теперь представьте себе, что у нас очень большое здание, состоящее из миллиона комнат, и пусть в каждой из этих комнат будет по миллиону атомных бомб. Вообразим, что мы построили город, своего рода атомный город, с миллионом гигантских зданий, в каждом из которых имеется миллион комнат, содержащих по миллиону атомных бомб. Далее представим себе страну, насчитывающую миллион таких взрывчатых городов. Затем рассмотрим гигантскую планету и поместим на ней миллион стран, содержащих по миллиону городов, в каждом из которых выстроено миллион зданий из миллиона комнат, а в каждой комнате сложено по миллиону атомных бомб. И наконец, представим себе планетную систему, звезду с миллионом планет, на каждой из которых миллион стран из миллиона городов, каждый город состоит из миллиона зданий, каждое здание — из миллиона комнат, а в каждой комнате — миллион атомных бомб. А теперь вообразите, что произошло бы, если бы взорвались все бомбы этой планетной системы! Возник бы взрыв, сходный по своей мощи с тем, какой мы наблюдаем, глядя на взорвавшуюся галактику.

Что же вызывает наблюдаемые нами взрывы? Сразу же после того, как их открыли, полагали, что это явление можно объяснить столкновением двух галактик. Мы хорошо знаем, что если бы две галактики столкнулись, то *звезды* в них столкновений бы не испытали. Звезды слишком малы по сравнению с огромными расстояниями между ними. Представьте себе рой пчел, летящий навстречу другому такому же роя. Если бы они столкнулись, то скорее всего несколько пчел налетели бы друг на друга, не проявив должной увертливости. Однако, чтобы послужить моделью галактики, эти рои должны быть очень большими по сравнению с размерами самих пчел. Насекомые должны были бы находиться друг от друга на расстоянии около 80 километров, а поперечник роя — составить примерно $1\frac{1}{2}$ миллиона километров. При таких условиях столкновение двух пчел представляется весьма маловероятным.

Подобным же образом при взаимном проникновении галактик одна в другую сами звезды не сталкиваются. Сталкиваются же при этом газовые и пылевые облака, содержащиеся внутри галактик. Вычислено, что если подобная встреча произойдет, то газ и пыль могут нагреться до очень высоких температур.

Однако такой тип удара не может генерировать столько энергии, сколько необходимо для объяснения взрывающихся галактик, и ни одна из таких галактик, которую можно рассмотреть сколько-нибудь детально, не напоминает нам две налетающие друг на друга звездные системы. В действительности у нас нет уверенности, что мы когда-либо видели подобное столкновение.

В последние годы было выдвинуто много других предположений. Некоторые астрофизики считали, что в очень плотном ядре галактики могут взорваться отдельные звезды и тем самым вызвать цепную реакцию звездных взрывов. Как мы знаем, звезды иногда взрываются; название этих звезд — «сверхновые» — отражает тот факт, что они кажутся «новыми» звездами, внезапно появившимися и гораздо более яркими, чем обычные звезды. Если бы такая цепная реакция произошла, то это был бы настолько сильный взрыв, что могла бы образоваться радиогалактика.

Существует также предположение, что по мере вращения галактик магнитные поля в них закручиваются, и в конце концов магнитное поле становится столь плотным, что происходит разряд, напоминающий молнию,

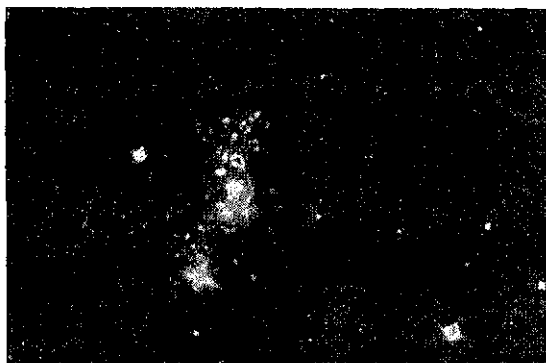
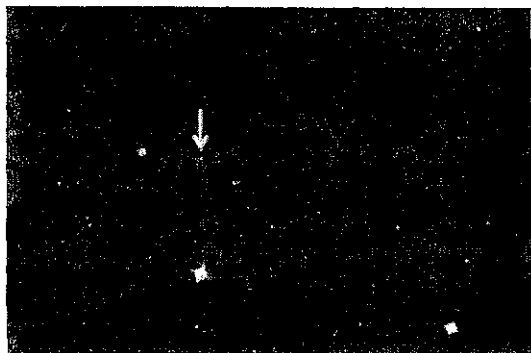


Рис. 17. Фотографии сверхновой в галактике IC 4182 (отмечена стрелкой), показывающие, как постепенно слабел ее блеск. Максимум был в августе 1937 г. (верхний снимок); в ноябре 1932 г. она стала значительно слабее (средний снимок), а в январе 1942 г. она так померкла, что не видна даже на фотографии, полученной с очень большой выдержкой, на которой вышло множество слабых звезд (нижний снимок).

Возможно, взрывы вызываются скоплением межгалактического вещества, притягиваемого сильным гравитационным полем галактики при ее движении в пространстве. Если таким образом накопится большое количество вещества, то оно может сосредоточиться в центре галактики, в результате чего возникнет плотное ядро, которое может взорваться из-за сосредоточения вещества и энергии в столь малом объеме.

Для объяснения рассмотренных нами загадочных явлений во Вселенной было выдвинуто и много других идей. Если эти явления связаны с квазарами, то они могут получить аналогичное объяснение, но не исключено, что ничего общего между ними нет. В любом случае они революционизировали наше представление о «неизменных небесах» и о покое и о порядке, царящих во Вселенной.

5. Гигантская вспышка

Вселенная возникла 10 миллиардов лет назад*. Вначале она была невероятно горячей и плотной. Жар и давление были столь высоки, что она сразу же стала расширяться с огромной скоростью. Осколки взрыва все еще разлетаются.

Два очень важных открытия, сделанных в нашем столетии, помогают понять характер этого великого начала. Первое из них относится к 20-м годам, когда было обнаружено, что галактики разбегаются друг от друга, причем чем на больших расстояниях они находятся, тем с большей скоростью удаляются. Это натолкнуло на мысль о расширяющейся Вселенной — представлении, по которому весь мир галактик, будь он бесконечен или конечен, становится все больше по мере того, как его части стремительно разлетаются в разные стороны**. Естественно, когда получило известность это представление, сразу же возник вопрос, с чего началось это расширение Вселенной, и были сделаны попытки проследить события прошлого до того времени, когда Вселенная была гораздо плотнее, а галактики располагались значительно ближе друг к другу. С тех пор как было открыто расширение, многие астрономы и физики пытались проникнуть в прошлую историю Вселенной. Эти попытки привели к взгляду о взрывном начале и к появлению термина «Большой Взрыв».

* Следует подчеркнуть, что под «Вселенной» автор подразумевает не всю материальную Вселенную, а лишь часть ее, доступную наблюдению; понятие «возраст Вселенной» также относится к возрасту этой наблюдаемой части Вселенной. — *Прим. ред.*

** Теория расширяющейся Вселенной была создана в начале 20-х годов выдающимся советским ученым А. А. Фридманом. Через несколько лет, в конце 20-х годов предсказанное Фридманом «разбегание» галактик было обнаружено Э. Хабблом при помощи крупнейшего в то время 100-дюймового телескопа. — *Прим. ред.*

Коротко говоря, космология — наука о Вселенной — считает началом окружающего нас мира очень плотный объект. Предполагается, что все первичное вещество было «сплавлено» в едином море элементарных частиц; лишь после взрыва эти частицы образовали атомы, а затем молекулы, звезды и планеты. Астрономы рассчитали различные подробные варианты развития Большого Взрыва и в целом согласны с этой картиной, расходясь лишь в деталях, касающихся геометрии пространства и материи, начальной температуры и дробления первоначального вещества на отдельные части.

Сделанное в 60-х годах чрезвычайно важное открытие очень помогло в разработке представлений о начальной фазе. До этого открытия существовали еще сомнения, было ли в действительности такое начало. Многие космологи полагали, что Вселенная имеет бесконечную историю, а ее расширение, возможно, оказывается простой иллюзией. Согласно другой идее, расширение в какой-то мере компенсируется возникновением (из ничего) новых галактик, занимающих пространство, освобождающееся при расширении. Эти, как их называли, теории Стационарной Вселенной потеряли свою привлекательность в 60-х годах нашего века, когда было открыто, что во всем пространстве наблюдается слабое излучение, имеющее такие свойства, какие можно было бы ожидать от остаточных явлений Большого Взрыва.

Существование и характеристики этого излучения, которое обнаруживается с помощью радиотелескопов, достаточно много говорят нам о Большом Взрыве, и мы теперь имеем весьма ясную картину этого критического начального периода. К счастью, в наши дни физики как раз начинают разбираться в природе материи, в том числе и в ее поведении при необычных условиях, таких, как фантастически высокие температуры зарождающейся Вселенной. Поэтому, объединив новые знания, полученные с помощью гигантских ускорителей, и новые сведения, даваемые гигантскими радиотелескопами, мы можем построить достаточно подробную картину этапов развития окружающего нас мира.

С самого начала

Пройдем теперь по всем этапам с самого начала до настоящего времени. Следует помнить, что все излагаемые выводы основываются на самых последних результатах, которые еще

не вышли из стадии экспериментальной проверки. Более того, они зависят от все еще малоизвестных физических свойств материи и связаны с чрезвычайно сложными теориями, которых мы можем в данной книге коснуться лишь слегка.

Мы очень мало можем сказать о том, как началась Вселенная* и из чего она состояла до того, как началась. Астрономы могут установить момент начала, измеряя скорость, с которой Вселенная в наше время расширяется, и зная, как уменьшается скорость расширения. Они считают, что Вселенная начала свое существование около 10 миллиардов лет назад.

Первая мельчайшая доля секунды была потеряна на флуктуации времени, вызванные тем, что физики называют квантовой природой мелких частиц. Что это такое, понять, не владея современной наукой, невозможно, но результат состоит в том, что если вы хотите оценить состояние вещества в момент, когда «время точно равнялось нулю», то вы ничего об этом сказать не сможете, так что вопрос повисает в воздухе. К счастью, эта неразбериха продолжалась лишь очень короткий период, длившийся лишь мельчайший квант времени, равный ничтожно малой доле секунды. Чтобы точно выразить его в секундах, напишите десятичную дробь с сорока тремя нулями после занятой и стоящей за ними единицей. В течение этого краткого времени мы ничего не можем сказать о Вселенной.

Этот не поддающийся описанию хаос, продолжавшийся чрезвычайно короткий период времени в начале Вселенной, явился первой из пяти эр, на которые мы можем разделить ее историю. Первая эра хаоса была самой короткой и самой загадочной. Но сразу же после ее окончания началась новая эра, названная эрой адронов. Этот период продолжался значительно дольше и проходил в условиях, которые мы можем рассчитать, понять и описать. Эра адронов началась, когда время было равно 10^{-44} секунды.

Это число представляет собой сокращенный способ записи единицы, перед которой в десятичной дроби стоит сорок три нуля; указанный способ очень полезен при рассмотрении очень малых и очень больших величин. Когда мы пишем 10^6 , мы имеем в виду единицу, за которой следует шесть нулей. Когда мы пишем 10^{-6} , то имеем в виду десятичную дробь, в которой единица стоит после шести нулей. Первое число означает

* Здесь и в дальнейшем под началом Вселенной подразумевается начало процесса ее расширения. — *Прим. ред.*

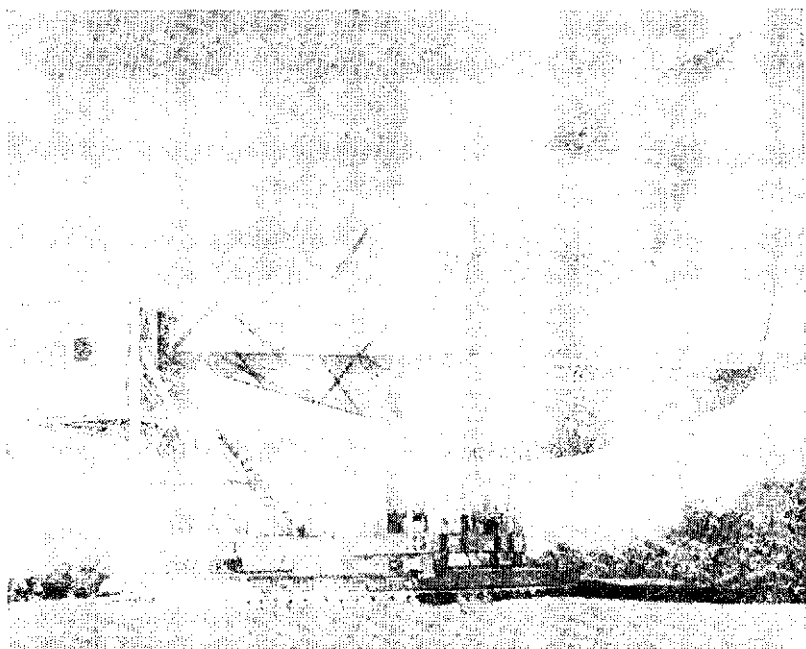


Рис. 18. С помощью этой рупорной антенны в Холмделе, Нью-Джерси, Роберт Вилсон и Арло Пензиас открыли слабое излучение в радиодиапазоне, которое равномерно поступает со всех направлений из Вселенной и, по-видимому, представляет собой остаточное излучение Большого Взрыва.

один миллион, а второе — одну миллионную. При изучении начальных стадий Вселенной мы сталкиваемся со столь фантастическими условиями, что числительные типа «миллион» и «миллиард» не помогают их описать, а выписывание всех этих нулей было бы делом утомительным и бессмысленным. Вот почему астрономы прибегают к методу сокращенной записи.

Фантастическая жара

Плотность вещества Вселенной в начале эры адронов составляла 10^{94} граммов на кубический сантиметр. Так как плотность воды равна 1 грамму на кубический сантиметр, то

это означает, что в начале эры адронов Вселенная была в 10^{94} раз плотнее воды — невероятная, невообразимо высокая плотность. Можно вычислить и температуру в начале эры адронов, и результаты этих вычислений приводят к значению в 10^{33} градусов. Температура кипящей воды составляет 100 градусов Цельсия, поэтому можно себе представить, какая фантастическая жара стояла во Вселенной, когда ее температура была 10^{33} градусов.

Эра адронов получила свое название потому, что Вселенная в ту эпоху представляла собой плазму, состоявшую из многих видов частиц, которые физики называют элементарными. Элементарные частицы — такие, которые уже нельзя разделить на еще меньшие. Физики открыли, что в природе существует множество разнообразных элементарных частиц и что при необычайно высоких температурах и плотности должно встречаться, вероятно, бесконечное количество их видов. Это еще новая и плохо разработанная часть фундаментальной физики. К адронам относятся те частицы, которые, как говорят физики, сильно взаимодействуют друг с другом. Сюда относятся две семьи частиц, называемые мезонами и барионами.

Мезоны включают многие типы частиц, промежуточные между частицами с наибольшей и наименьшей массами. Как правило, мезоны называются различными буквами греческого алфавита. Например, самый легкий адрон называется пионом, от греческой буквы «пи» (π); это один из первых мезонов, открытых физиками.

Барионами называют частицы с большой массой в том числе частицы, из которых состоят ядра обычных атомов, т. е. протоны и нейтроны, а также другие массивные частицы, объединенные общим названием «гипероны». Гипероны тяжелее протонов и являются самыми массивными элементарными частицами. Физики лишь недавно открыли гипероны и мезоны потому, что это неустойчивые частицы, которые существуют чрезвычайно короткий период времени, — гипероны, например, «живут» только около 10^{-10} секунды. После такого кратковременного существования они распадаются на частицы меньшей массы. Например, «лямбда-нуль»-гиперон может распасться на протон, электрон и мельчайший сгусток энергии, называемый нейтрино.

Именно адроны представляли собой частицы, которые доминировали в первичном огненном шаре во время эры адронов как по количеству, так и по активности. Других частиц,

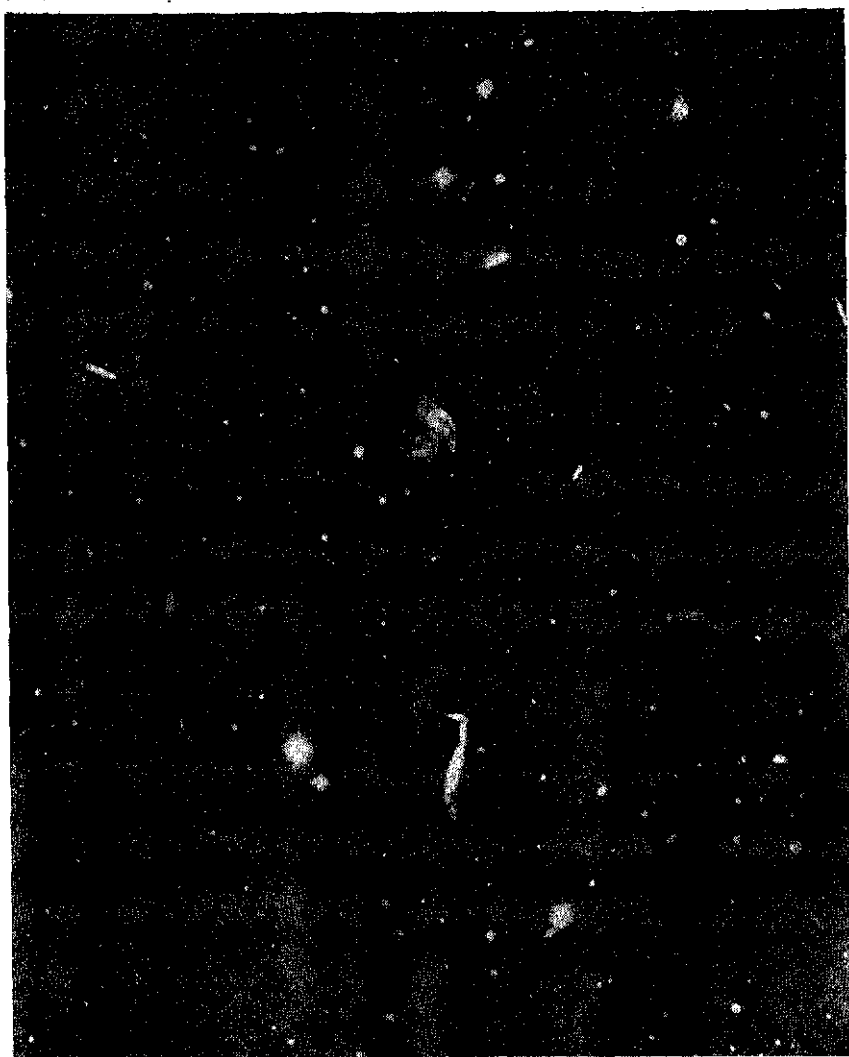


Рис. 19. Скопление галактик разных типов в созвездии Геркулеса. Все миллионы галактик Вселенной разбегаются друг от друга и от того, что, по-видимому, было центральной массой элементарных частиц, называемых адронами.

существовавших в ту эпоху, — фотонов (квантов света), лептонов (о которых будет сказано ниже) и особенных гипотетических частиц, называемых кварками, тогда было ничтожно мало. Так как за время эры адронов Вселенная расширилась, ее температура упала и плотность понизилась; в результате могло существовать все меньше и меньше очень тяжелых частиц — гиперонов. Они распались на обычные протоны и нейтроны, а также на еще более легкие частицы, и таким образом наступил конец эры адронов. В течение этого периода кванты излучения в первичном огненном шаре были фантастически энергичными. Во время расширения огненного шара фотоны понемногу теряли свою энергию, и когда средняя энергия упала ниже определенного критического значения, фотоны и нейтроны начали аннигилировать с соответствующими античастицами.

Антиматерия — зеркальное отображение вещества

Мы полагаем, что в начале Вселенной существовало почти (но не совсем) равное количество вещества и антиматерии. Эти два вида материи представляют собой зеркальное отображение друг друга и обладают свойством полностью аннигилировать при контакте с выделением огромного количества энергии. Физики, например, искусственно получили в своих лабораториях антипротоны и наблюдали, что при столкновении антипротонов с обычным протоном оба исчезают. Мы полагаем, что большая часть наблюдаемой во Вселенной материи — такое же обычное вещество, из которого состоим мы и наша Земля, но остается подозрение, что антиматерия скрывается в природе где-то далеко от нас. Возможно, некоторые далекие галактики состоят из антиматерии и не исключено, что, добравшись до них в каком-нибудь суперкосмическом корабле, мы сами могли бы аннигилировать.

Мы не знаем, существует ли в природе антиматерия или нет, но нам хорошо известно, что она может существовать и ее можно создать*. По имеющимся расчетам, в эру адронов количество вещества и антиматерии отличалось друг от друга лишь на одну миллиардную часть, т. е. совпадение было чрезвычайно близким. Если бы существовало их полное равенство,

* На советском ускорителе в Серпухове, самом мощном в мире, уже получены ядра антигелия. — *Прим. ред.*

то все адроны аннигилировали бы и Вселенная в настоящее время состояла бы из одного излучения, без вещества.

Конец эры адронов наступил тогда, когда достаточное количество протонов и нейтронов аннигилировало при столкновениях с антипротонами и антинейтронами, так что в космической среде осталось сравнительно небольшое число адронов. Последней стадией было разрушение наименее массивных адронов — пионов. Когда это произошло, температура понизилась всего только до миллиона миллионов (10^{12}) градусов. Плотность в конце эры адронов составляла 10^{14} граммов на кубический сантиметр. Когда мы начинаем вычислять, сколько же продолжалась вся эра адронов, то обнаруживаем, что период этот был чрезвычайно мал: все произошло за $1/10000$ секунды.

Следующий этап в истории Вселенной длился значительно больше — целых 10 секунд. Он называется эрой лептонов, потому что большинство существовавших в тот период частиц относилось к категории, называемой физиками лептонами. Понятие лептонов объединяет электроны, как обычные отрицательные, так и положительные (позитроны), мюоны (мельчайшие неустойчивые частицы, которые сначала принимали за «ядерный клей»), нейтрино и антинейтрино (которые не имеют массы покоя и постоянно движутся со скоростью света). Осталось очень мало тяжелых частиц, и другой существенной составляющей Вселенной были по-прежнему высокоэнергичные фотоны.

Самое важное событие этого периода жизни Вселенной было связано с нейтрино. Нейтрино почти не взаимодействуют с другими частицами; они практически свободно проходят сквозь все, включая нас, Землю и Солнце. Во время эры лептонов нейтрино оказались в большей и менее плотной Вселенной, чем прежде, настолько разреженной, что они больше ни с чем не сталкивались. Поэтому они распространились по всей Вселенной, совершенно не будучи связанными ни с какой ее частью. Это произошло за какие-то 10 секунд. С этого момента и по настоящее время остальная Вселенная существовала в море нейтрино, и между этими двумя частями фактически нет никакого взаимодействия.

В конце десятой секунды температура упала в сто раз, до 10 миллиардов градусов. Плотность понизилась до 10 000 граммов в кубическом сантиметре, и количество электронов, играющих в эту эру основную роль, стало примерно равным количеству нейтронов и протонов. Так наступил конец эры лептонов.



Рис. 20. Этот бак, паходящийся на глубине 1500 метров в шахте Южной Дакоты, улавливает нейтрино, вылетающие из недр Солнца. Бак содержит около 400 000 литров химического вещества, называемого перхлорэтиленом. Влетающие в него нейтрино образуют радиоактивный аргон-37, который затем попадает на счетчик радиопан. Бак, расположенный глубоко под землей, защищает от космических лучей и других частиц, за исключением нейтрино. До сих пор сквозь нас проходят нейтрино, возникшие на ранней стадии истории Вселенной.

Поток излучения

Во время четвертого периода излучение одержало победу над веществом. Его можно назвать эрой излучения, потому что Вселенная была паводнена фотонами и плотность излучения значительно превосходила плотность вещества. Это был гораздо более длинный период, чем предшествовавшее, и длился он от момента десяти секунд с начала Вселенной до даты в миллион лет. За это время температура понизилась с 10 миллиардов до примерно 3000 градусов, а плотность упала с 10 000 лишь до 10^{-21} грамма на кубический сантиметр. Протоны, нейтроны и электроны смешались с плотным и чрезвычайно интенсивным полем излучения, и хотя излучение преобладало, оно постоянно взаимодействовало с веществом. Конец этой эры наступил тогда, когда плотность излучения стала меньше плотности вещества. В это время протоны, нейтроны и электроны стали объединяться, образуя атомы, и начало появляться вещество в том виде, в каком мы его знаем. Вещество и свет разделились, так что они больше непрерывно не взаимодействовали и не зависели друг от друга.

И наконец, мы подошли к последней стадии, которую можно назвать эрой вещества. Она началась через миллион лет после того момента, который мы относим к началу Вселенной, продолжается до сих пор и еще не окончилась. Излучение равномерно распределено по всей Вселенной, и, что сразу же бросается в глаза, ключья вещества собраны в скопления звезд и галактики. Если атомы водорода и гелия, самых легких химических элементов, могли образоваться во время эры излучения, то другие элементы, хорошо теперь нам знакомые и входящие в состав наших организмов, могли возникнуть только в эру вещества. Теперь мы знаем, что эти другие, более тяжелые элементы, образовались главным образом в звездах как в эпоху их обычного развития, так и во время взрывов, которым они время от времени подвергаются.

Механизмы, благодаря которым водород и гелий во Вселенной объединились, образовав звезды и галактики, до сих пор до конца не ясны. Было предложено много теорий с подробными расчетами того, как большие газовые сферы медленно конденсируются во вращающиеся объекты типа галактик, состоящих из звезд; возможно, эти различные теории весьма близки к описанию истинного процесса. Не исключен тот факт, что, как это лишь недавно поняли, галактики и вещество вооб-

ще существуют только благодаря тому, что в самом начале развития Вселенной число баргионов и антибаргионов чуть-чуть отличалось друг от друга. Если бы не это небольшое отличие, галактик не существовало бы, так же, как и нас с вами, и мы не могли бы исследовать Вселенную.

Интересно также отметить, что, хотя мы называем эпоху, в которую мы теперь живем, эрой вещества, во Вселенной все же еще значительно преобладает излучение. В то время как средняя плотность вещества в нынешней Вселенной составляет примерно 10^{-31} грамма на кубический сантиметр, средняя плотность фотонов во Вселенной достигает 1000 на кубический сантиметр. На каждую ядерную частицу приходится миллиард фотонов и миллиард нейтрино. Эти нейтрино, обладая фактически скоростью света, непрерывно несутся во Вселенной, не оказывая практически никакого влияния на вещество. Нейтрино, образовавшиеся в раннюю эпоху, особенно в эру лептонов, и уже в то время потерявшие всякую связь с остальной Вселенной, встречаются в количестве, соответствующем прохождению 10^{13} частиц в секунду через один квадратный сантиметр. Это означает, что через каждый квадратный сантиметр поверхности во Вселенной, например через кончик носа человека, каждую секунду проходит 10 миллиардов нейтрино.

Мы вкратце изложили историю Вселенной на основе двух важных открытий: расширения Вселенной и фонового космического излучения. Если это соответствует действительности, то это значит, что Вселенная — поистине море излучения и нейтрино и что все те объекты, которые изучают астрономы, представляют собой лишь инородные тела, возникшие в результате смехотворно слабого неравновесия в самом начале. Области физики элементарных частиц и наблюдательной космологии быстро развиваются, причем предсказать пути этого развития невозможно. По этой причине приведенное выше историческое описание может оказаться в деталях ошибочным и измениться буквально через несколько месяцев или лет. Но общие принципы ясны, и наблюдения астрономов постоянно свидетельствуют о том, что Вселенная имела бурное и драматическое начало — ослепительную вспышку света в скоплении странных частиц. Это начало мы можем отнести на 10 миллиардов лет назад. С тех пор, как мы видим, весь мир подвергается взрывам и рассеянию в бездонных глубинах пространства.

6. Пульсары

Большинство объектов, открытых радиоастрономами, было весьма удивительным, но самыми неожиданными оказались так называемые пульсары. Когда их открыли, то обнаружили у них совершенно поразительные свойства, не поддающиеся объяснению. В течение двух лет никто не мог сказать, что они собой представляют, где находятся и почему так неожиданно себя проявляют.

После многих лет планирования и строительства в середине 1967 г. группа кембриджских радиоастрономов в Англии наконец ввела в строй свой новейший радиотелескоп. Были проведены последние испытания. Все местные источники радиопомех были нанесены на карту и полностью изучены, чтобы их не путать с настоящими астрономическими радиосигналами. Проблема здесь та же самая, с которой мы сталкиваемся, когда не слышим музыки в радиоприемнике автомашины, проезжая под линией высоковольтной электропередачи. Эта высоковольтная линия испускает радиоволны, мешающие нам услышать станцию, на которую настроен приемник. Радиотелескопы настолько чувствительны, что страдают от помех, вызываемых гораздо менее сильными источниками, чем высоковольтная линия. Проходящая вдали автомашина, пролетающий самолет или даже искусственный спутник могут вызывать сильные помехи.

К августу новый кембриджский радиотелескоп работал на полную мощность. Но астрономы обнаружили один необычный источник радиоизлучения, не поддававшийся объяснению и не похожий на другие источники. Он испускал импульсы с периодом немногим больше секунды, причем испускаемые им сигналы были очень кратковременными. Дальнейшие исследования показали, что его положение на небе было постоянным.

Были рассмотрены все источники радиопомех земного происхождения, но ни один из них не мог объяснить этого «пульсирования». Наконец было проведено достаточно наблюдений, чтобы астрономы поняли, что этот источник отнюдь не нерегулярный, а появляющийся с абсолютной точностью каждые 23 часа 56 минут. Поскольку это точный период вращения Земли по отношению к звездам, источник должен был находиться среди звезд и никак не мог быть связан с Землей. И действительно, вскоре было обнаружено, что он даже не входит в состав Солнечной системы, а значительно более далек.

Самым удивительным свойством этого необыкновенного объекта было то, что он излучал импульсы. Все другие далекие астрономические источники радиоплучения испускают постоянный шум, причем регистрируются лишь медленные изменения. Этот же новый объект, наоборот, большую часть времени молчал, а в течение коротких промежутков испускал интенсивные импульсы с постоянными интервалами, несколько превышавшими секунду. Отмечается шумовой пик, длящийся $1/30000$ долю секунды, затем наступает полная тишина, продолжающаяся примерно $1\frac{1}{3}$ секунды, затем снова шумовой пик и т. д.

Период между шумовыми пиками исключительно правилен. По последним измерениям он равен 1,3372275 секунды, и не зарегистрировано изменений этого периода, превышающих его десятимиллионную долю.

Импульсы не всегда имеют одинаковую интенсивность. Иногда эта интенсивность раз в 10 больше, чем в другие периоды, но никто еще не установил какой-либо закономерности в изменении интенсивности импульсов. Большинство импульсов состоит из субимпульсов, интенсивность которых тоже меняется. Как правило, существуют три субимпульса. Вот как это происходит: сначала интенсивность внезапно растет от нерегистрируемого предела, и шумовой пик достигает максимума примерно через 6 миллионных долей секунды; затем интенсивность падает и снова растет через 18 миллионных долей секунды после первого подъема; после этого наступает падение, за которым через 30 миллионных долей секунды наступает максимум; снова падение интенсивности ниже регистрируемого предела, которое остается до следующего импульса. Это похоже на какую-то сверхчеловеческую музыку со своими тактами, ритмом, сложными модуляциями и динамикой.

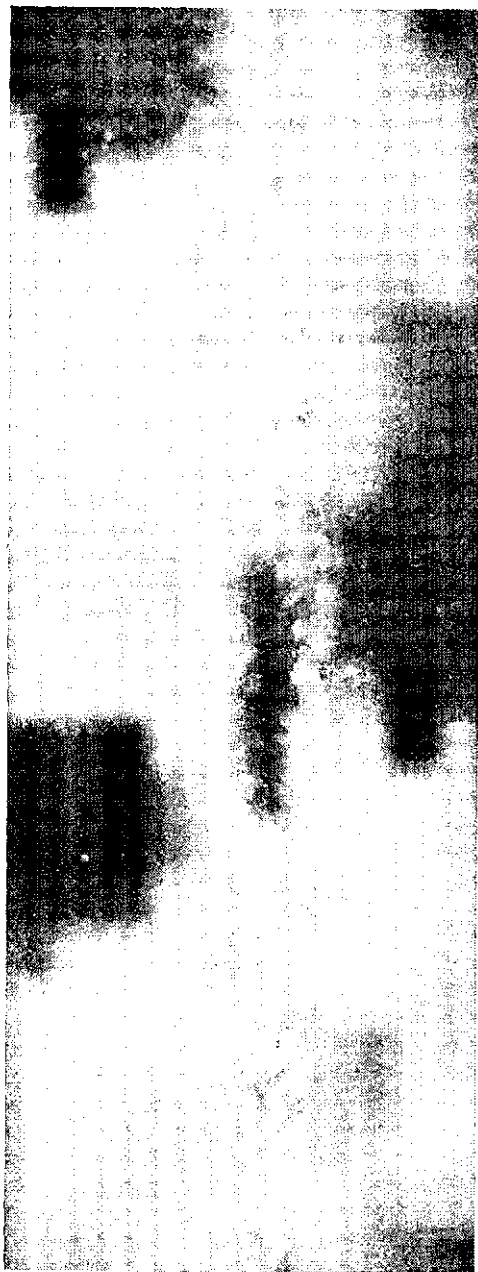
Вскоре после первого открытия были обнаружены и другие источники импульсного радиозлучения. У всех у них были свойства, подобные свойствам первого, и этому классу объектов дали название «пульсары» — сокращение слов «пульсирующая звезда», хотя точно не было известно, звезды это или нет. У вновь открытых пульсаров имеются и короткие периоды, например 0,033094530 секунды, и длинные, например 1,57905 секунды. Им дали названия в соответствии с их расположением на небе. Первый открытый пульсар назван CP 1919, где CP означает Кембриджский пульсар, а 1919 — сокращенную запись его небесных координат.

Тайна местонахождения

Где находятся пульсары? Для всех пульсаров, кроме одного, мы знаем только направления на них, определяемые их положением на небе. Расстояния до пульсаров найти значительно труднее. Первая предпосылка к определению расстояний позволила предположить, что пульсары находятся в нашей собственной Галактике — Млечном Пути, не очень далеко от Солнца (конечно, по сравнению со звездными расстояниями). Этой предпосылкой явился странный эффект, замеченный кембриджскими астрономами вскоре после открытия пульсаров. Они обнаружили, что импульсы в разное время приходят на разных частотах. Сначала их слышали на высоких частотах, а позже — на все более и более низких. Если бы сигналы пульсаров принимал, например, обычный радиоприемник, то мы слышали бы их сначала на одном конце шкалы, а затем они примерно за две секунды перенеслись бы на другой ее конец.

Этот необычный эффект можно было бы объяснить тем, что межзвездное пространство не представляет собой абсолютного вакуума. Оно содержит очень небольшое число частиц, большей частью электронов, протонов и атомов водорода. Присутствие свободных электронов с их электрическим зарядом приводит к тому, что межзвездная среда действует как разреженная плазма. Плазмой называется облако частиц со положительными и отрицательными зарядами, и она оказывает любопытное воздействие на проходящие сквозь нее радиоволны. Одним из таких эффектов является то, что «показатель пре-

Рис. 21. Панорама Млечного Пути, составленная из пяти отдельных фотографий. Это наша собственная Галактика, видимая с нашей звезды — Солнца — в направлении, где плотность вещества велика. Черные массы — это пылевые облака. Пульсары, по видимому, расположены в пределах нашей Галактики сравнительно близко к Солнцу.



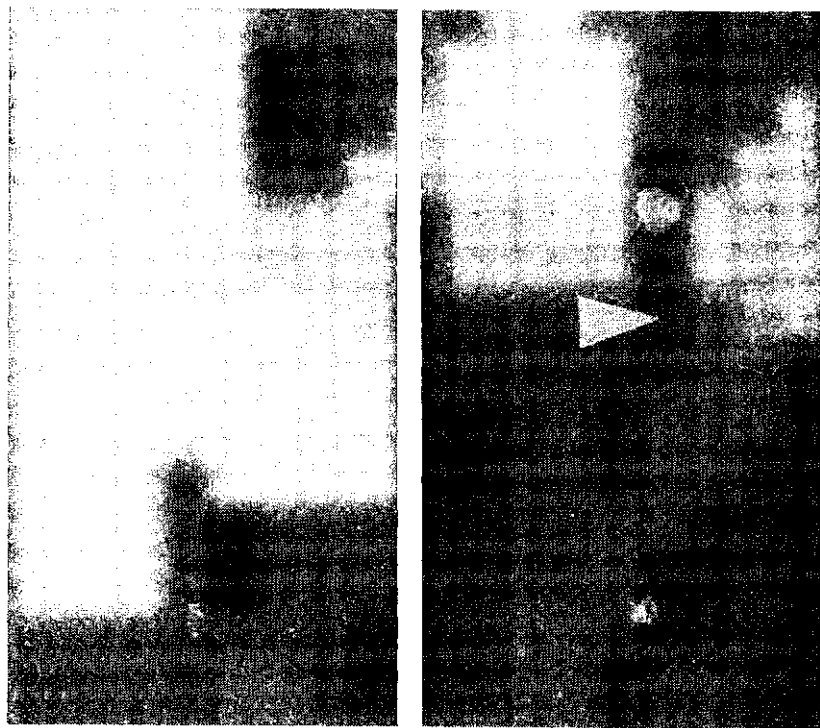
ломления» — число, указывающее, насколько волны замедляются данной средой по сравнению с пустотой, в плазме непостоянен и зависит от длины волны. А поскольку скорость радиоволн зависит от показателя преломления, волны от пульсара идут к нам с разными скоростями в соответствии с различными испускаемыми частотами. В итоге мы принимаем импульс сначала на тех частотах, которые в плазме проходят быстрее всего, а импульс на других частотах запаздывает.

Кембриджские астрономы быстро поняли, что этот факт может позволить измерить расстояние до пульсаров. Они предположили, что вся задержка вызвана межзвездной плазмой и что электронная концентрация в межзвездном пространстве составляет примерно 1—2 электрона на 150 кубических сантиметров. Тогда длина пути волны может быть найдена по задержке низких частот. Для пульсара CP 1919 расстояние оказалось равным приблизительно 200 световым годам. Но загвоздка была в том, что оба эти предположения могли оказаться неправильными. Задержка волн могла происходить частично или полностью в плотной плазме непосредственно у самого пульсара, либо ошибочными могли быть расчеты электронной концентрации в межзвездном пространстве. В любом случае измеренное таким образом расстояние оказалось бы неправильным. Некоторые последние измерения количества газа в направлении нескольких пульсаров показали, что действительно в межзвездном пространстве слишком мало электронов, чтобы вызвать наблюдаемый эффект, и расстояния до пульсаров остаются до сегодняшнего дня полной тайной.

Хотя пульсары «прослушивались» на радиоволнах с 1967 г., никто не мог их увидеть в течение последующих почти двух лет. Как только радиоастрономы установили точное положение на небе CP 1919, почти все пытались найти на этом месте звезду. В указанном месте находились две звезды и обе чрезвычайно слабые. Более яркая из них обладала достаточным блеском, чтобы ее можно было исследовать, причем было установлено, что это совершенно обычная, нормальная звезда, и ничто не дает повода для ее связи с пульсаром. Вторая звезда, слишком слабая для тщательного исследования, также казалась в основном нормальной звездой.

Новое волнующее событие произошло в октябре 1968 г., когда для поисков пульсаров астрономы применили гигантский 100-метровый телескоп Национальной обсерватории США. Один из вновь открытых объектов, названный NP 0532, нахо-

дился в направлении Крабовидной туманности, газового остатка сверхновой, — колоссального взрыва звезды, происшедшего в 1054 г. н. э. и замеченного в то время китайскими астрономами. Крабовидная туманность представляет собой замечательный объект, испускающий рентгеновские, космические и гамма-лучи, ультрафиолетовое, видимое, инфракрасное и радиополучение. Поэтому понятно возмущение астрономов, когда оказалось, что в ней может находиться также и пульсар.



Р и с. 22. Этот пульсар NP 0532 в Крабовидной туманности сам «включается» и «выключается» через регулярные промежутки времени. На фотографии слева пульсар виден (у стрелки-указателя), а на фотографии справа он исчез. Поскольку он вспыхивает 33 раза в секунду, то для его регистрации был применен специальный метод: диск с отверстием вращался перед изображением звезды с периодом чуть больше, чем период вспышки пульсара. Свет от вспышек фиксировался электронной памятью для создания изображения на пленке.

15 января 1969 г. три молодых аризонских астронома, Билл Кок, Майкл Дисней и Дон Тейлор, впервые увидели этот пульсар. Направив свой 36-дюймовый телескоп на одну из двух тесно расположенных слабых звезд вблизи центра Крабовидной туманности и проанализировав ее свет с помощью электронной аппаратуры, они обнаружили, что звезда «пульсирует» в точности с тем же периодом, что и NP 0532. Хотя визуально она и не мигала, приборы показали, что на самом деле ее свет состоит из отдельных вспышек, появляющихся каждые $3/400$ секунды и разделенных промежутками темноты.

NP 0532 не только представляет собой пульсар с самым коротким периодом, но и должен являться очень молодым объектом, возраст которого несколько меньше 1000 лет. Более того, период NP 0532 медленно возрастает. Предшествовавшие нераспознанные записи импульсов рентгеновских лучей в 1967 г. позволили ученым вычислить, что изменение периода составляет $36,51$ миллионной доли секунды в день.

Каковы их размеры?

Размеры пульсара можно оценить по длительности импульса. Если пульсар испускает излучение во всех направлениях, то он должен быть меньше, чем расстояние, которое радиоволны могли бы пройти за время, соответствующее времени регистрации одного отчетливо выраженного импульса. В противном случае импульс был бы размыт на протяжении более длительного интервала времени. Этот аргумент подобен тому, который был использован для определения размеров квазаров в главе 3. Вычислено, что поперечник излучающих областей не может превышать 900 километров, если учесть продолжительность субимпульса. Это поразительный результат: как может столь небольшой объект посылать так много энергии на такие огромные расстояния?

До сих пор теории, пытающиеся объяснить пульсары, концентрировали свое внимание на следующих вопросах. Во-первых, как могут периоды быть такими правильными? Связано ли это с быстрым вращением источника или с пульсациями? Во-вторых, как период может быть таким коротким? Обычным вращающимся звездам требуются дни или по меньшей мере часы, чтобы совершить полный оборот вокруг оси, а не се-

кунды; пульсирующие же звезды имеют период в пределах от нескольких часов до нескольких лет. В-третьих, как они могут быть такими маленькими? Единственными известными объектами, достаточно малыми, чтобы быть пульсарами, являются коллапсировавшие звезды и планеты. В-четвертых, почему по крайней мере один из них (NP 0532) связан с остатками сверхновой?

Сверхцивилизации?

Первым объяснением, которое пришло на ум, была идея о том, что импульсы — это искусственные сигналы, посылаемые сверхцивилизацией межзвездных скитальцев. Их регулярность и казавшиеся закодированными модуляции наводили на мысль о сверхмощных радиомаяках, передающих навигационную информацию для межзвездных космических кораблей.

Против этой идеи были выдвинуты два аргумента. Во-первых, если радиомаяк посылает свои сигналы во всех направлениях, то его общая требуемая мощность невероятно велика — около 10^{20} ватт, что более чем в миллион миллиардов раз превышает мощность обычной радиостанции. Для того чтобы вырабатывать такую энергию, космическая станция должна была бы сжигать в виде топлива целые планеты. Если же они не испускают радиоволны во всех направлениях, а пользуются для посылки сигнала лишь в одном направлении колоссальной параболической антенной, похожей на антенну радиотелескопа, то необходимая энергия может быть гораздо меньше. Предположив, что на космической станции имеются какие-то разумные существа, мы должны прийти к мысли, что излучение всех известных нам пульсаров очень узким пучком направлено прямо на нас. Почему? Если же тот факт, что эти пульсары нацелены на нас, — чистая случайность и имеются другие, действующие в разных других направлениях, то можно сделать вывод, что их общее число в Галактике фантастически велико — в таком случае Галактика должна кипеть сверхцивилизациями. Удивительно, что ни одна из них до сих пор не появилась у нас и должным образом не представилась.

Другим аргументом, противостоящим теории космических маяков, является то обстоятельство, что пульсары совершенно не могут использоваться в навигационных целях. Мы применяем

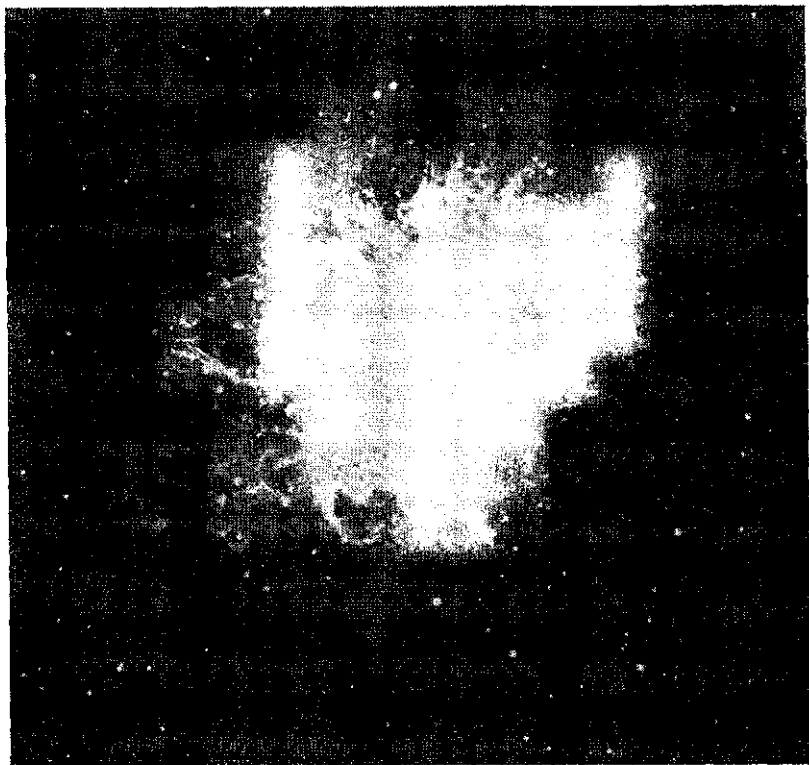


Рис. 23. Крабовидная туманность в созвездии Тельца представляет собой газ, оставшийся после взрыва сверхновой, который произошел сотни лет назад. Пульсар NP 0532 находится в этой области.

радиомаяки для воздушной и морской навигации потому, что свет не может проникать сквозь облака и туман, а также потому, что, отражаясь от поверхности и верхней атмосфере и обратно, радиоволны проходят на Земле большие расстояния. В открытом космосе облаков мало, тумана нет, так же как нет поверхности и атмосферы; поэтому совершенно очевидно, что нет никакой необходимости в радиомаяках. В навигационных целях легче было бы использовать сами звезды, чем пульсары. К звездам прибегают не только мореплаватели в подходящих условиях, — обычный свет звезд используется для самых точ-

ных навигационных измерений и на космических кораблях, направляемых на Луну, Марс и Венеру.

Если пульсары не являются продуктом творчества сверхцивилизации, то что они собой тогда представляют? Неужели природа могла создать нечто столь эксцентричное? Существуют два типа звезд, которые достаточно малы и слабы, чтобы быть пульсарами. Это мусор Галактики, звезды в последней стадии эволюции, которые уже не могут вырабатывать достаточно энергии, чтобы сверкать на небе, и катастрофически сжимаются — коллапсируют. Прежде всего это белые карлики, звезды очень маленькие, примерно размером с Землю, и чрезвычайно слабые — настолько, что до сих пор их открыто всего лишь несколько десятков. Не могло ли случиться так, что в тонкой атмосфере белого карлика произошел какой-то непонятный нам естественный взрыв, заставивший его пульсировать с коротким периодом, причем в этой атмосфере вырабатывалась бы ядерная энергия? Это выглядело бы так, как если бы нашей Земле дали хорошего пинка и заставили ее вибрировать, замечая при каждом колебании, что атмосфера взрывается как сверхгигантская водородная бомба. По этой теории именно такая «бомба» порождает пульсацию. Самым сильным аргументом против нее является то обстоятельство, что по тщательным расчетам длительность периода пульсации белого карлика никак не может быть меньше пяти секунд. Более того, если бы у белого карлика имелась атмосфера, достаточная для создания пульсации, период пульсации составил бы по крайней мере 50 секунд.

Другая теория полагает, что пульсары — это белые карлики, которые быстро вращаются. На одной стороне такой звезды имеется взрывающаяся область, интенсивно излучающая радиоволны, которые мы принимаем лишь тогда, когда звезда обращена к нам этой стороной. Но и у этой теории имеются свои трудности: никак нельзя представить себе обычный белый карлик, который бы вращался так быстро. Звезда размером с Землю, вращающаяся с периодом 0,03 секунды (период NP 0532), имела бы на поверхности скорость около 1 300 000 километров в секунду, т. е. больше скорости света.

Другой вид коллапсировавшей звезды, более удачно вписывающийся в теорию пульсаров, — это нейтронная звезда. До 1969 г. никто никогда нейтронных звезд не видел; они существовали только в теории. Они представляют собой тип коллапсировавшей звезды, состоящей исключительно из нейтронов:

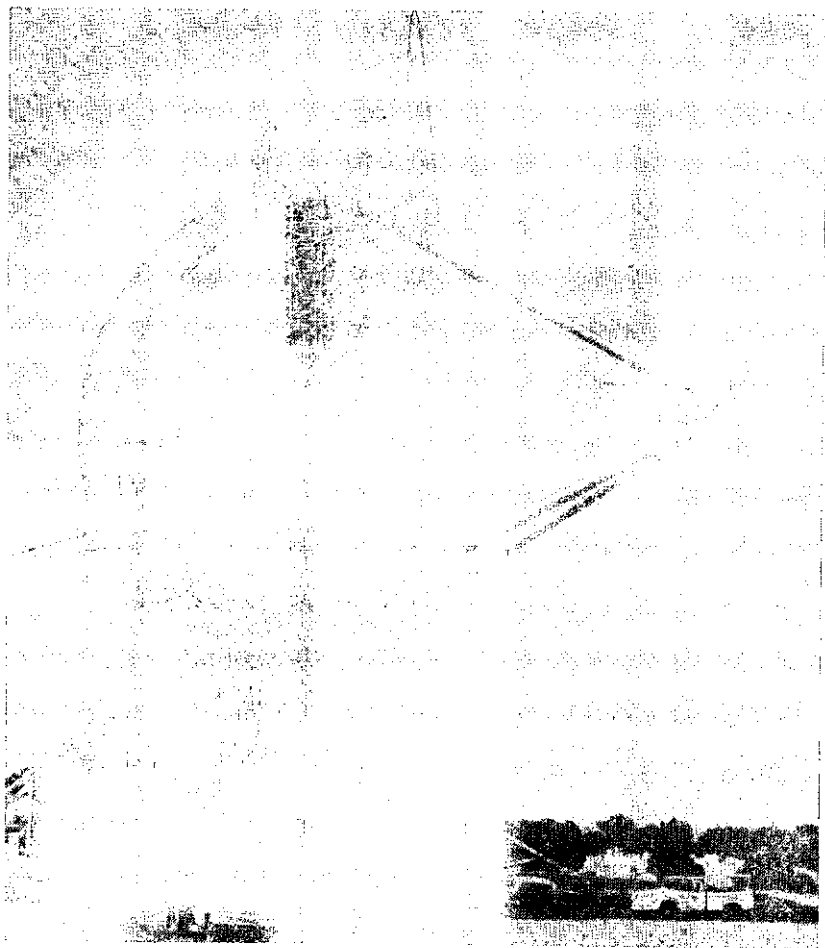


Рис. 24. Наблюдение пульсаров, квазаров и других испускающих радиоволны объектов совершенствуется с каждым годом по мере того, как в строй вступают более крупные и более чувствительные радиотелескопы. Эта внушительная чаша, одна из крупнейших в мире, принадлежит Стэнфордскому университету в Калифорнии.

на ней совершенно нет никаких атомов химических элементов, поскольку все они раздавлены колоссальным давлением в звезде. Нейтроны — фундаментальные элементарные частицы — основные частицы, которые могут существовать в условиях, рассчитанных для таких объектов. Нейтронные звезды значительно плотнее, чем белые карлики. И действительно, они настолько плотны, что если пульсары — это *пульсирующие* нейтронные звезды, то их периоды не слишком длинные, а слишком коротки. Вычислено, что самый большой период пульсации нейтронной звезды составляет лишь около $1/1000$ секунды.

Вращающаяся нейтронная звезда — более подходящий объект для объяснения природы пульсаров. Такой объект имеет нужные размеры и период, который нас вполне удовлетворяет. Более того, он понемногу будет замедляться, как это наблюдается по крайней мере у пульсара NP 0532, и это объект такого типа, который может оказаться продуктом взрыва массивной сверхновой звезды. Импульсы, возможно, являются результатом действия активной высокоэнергичной области на звезде, ограниченной сильным магнитным полем. При вращении звезды эта активная область поворачивается в нашу сторону и поле направляет к нам излучение как прожектор. Таково возможное объяснение, которое еще не разработано во всех деталях, но в целом выглядит весьма многообещающим.

Пульсары еще не получили законченного объяснения, но тем не менее они открыли целую новую область деятельности. Для их исследования разрабатываются новые методы, новые теории и новые инструменты. Куда нас приведут пульсары, — пока неизвестно, но они уже сделали большой вклад в революцию в астрономии.

7. Шумная планета

Много раз случайные открытия способствовали заметному прогрессу в астрономии. Радиоизлучение из космического пространства, взрывающиеся галактики, пульсары и квазары — все они были открыты случайно. Еще один сюрприз подобного рода был преподнесен астрономии в 1955 г., когда два молодых астронома К. Л. Франклин и Бернард Бэрк наткнулись на «радиопередачу», которая привела к созданию целой новой области радиоастрономии.

Это произошло во дворе фермы в сельской местности недалеко от Вашингтона (округ Колумбия). Там в открытом поле институт Карнеги соорудил большой радиотелескоп совершенно новой конструкции. В начале 1955 г. Франклин и Бэрк испытывали этот гигант, готовясь к тщательному определению положения источников радиоизлучения по всему небу. Время от времени их удивляла неожиданная помеха в записях — шум, который не так-то легко было объяснить. Так же, как и несколько позже в случае с пульсарами, когда этот шум был впервые обнаружен, возникли предположения о том, что он связан с какими-то местными возмущениями. И действительно, вспоминая о своем открытии, оба астронома рассказывали, что они в то время шутливо приписывали происхождение этого шума неисправно работавшему зажиганию проходившей недалеко автомашины, которую, вероятно, вел работник с фермы, поздно возвращавшийся со свидания.

Однако они продолжали вести наблюдения за этой странной помехой и вскоре поняли, что помеха наблюдается слишком часто, чтобы ее можно было объяснить случайными местными причинами. Правда, она проявлялась в виде отдельных кратковременных всплесков, нерегулярно и непредсказуемо, но тем не менее чувствовалось, что она связана с небом. Ее обна-

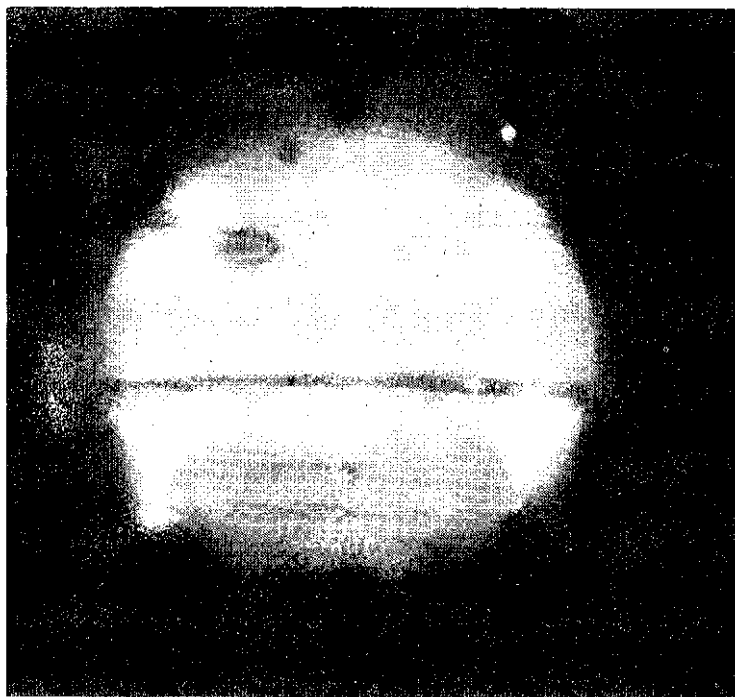


Рис. 25. Юпитер, сфотографированный с помощью 200-дюймового телескопа Хэла. Слева заметно Большое Красное Пятно в виде овала. Темное пятно справа над ним — тень одного из спутников Юпитера — Ганимеда. Юпитер дает сильные всплески радионизлучения, исходящего, видимо, из определенного участка поверхности или атмосферы, и слабые потоки из нескольких других пунктов.

руживали лишь тогда, когда телескоп каждую ночь обследовал определенную область неба. Астрономы решили, что это, весьма возможно, звездный источник радионизлучения, и тщательно просмотрели все звездные карты, списки радионисточников и звездные атласы. Но им ничего не удалось обнаружить в том месте, где, как им казалось, должен находиться источник таких мощных всплесков шума.

Поломав голову над этой загадкой и рассказав о ней другим ученым, Бэрк и Франклин сочли весьма забавным предположение одного из них, что виновником может быть, вероятно,

планета Юпитер. Предположение было сделано в полунутливой форме, но все же они решили проверить, где находится Юпитер в то время, когда появляются помехи. Поскольку Юпитер — планета и потому медленно перемещается среди звезд, он практически никогда не наносится на звездные карты и не указывается в звездных каталогах. Когда Бэрк и Франклин зафиксировали положение Юпитера, они были поражены, обнаружив, что он находился точно в той части неба, где действовал источник этого странного шума; и действительно, просматривая свои прежние радиоизмерения, они увидели, что могут даже проследить весь путь планеты по небу. Поэтому не оставалось никаких сомнений в том, что они открыли источник загадочного шума. Открытие поразило всех астрономов, потому что никто этого не ожидал и никто не мог вразумительно объяснить, почему Юпитер является источником радиоизлучения.

Как только об этом открытии было сообщено всему миру, другие астрономы занялись двумя проблемами. Во-первых, они просмотрели свои старые регистрации космического радиоизлучения, чтобы проверить, обнаруживали ли они раньше радиоизлучение Юпитера, не подозревая этого. Оказалось, что регистрации шума Юпитера были на самом деле, причем их сделали еще за пять лет до отождествления источника. Но нам удалось составить гораздо более полную картину того, что представляет собой Юпитер как источник радиоизлучения. Во-вторых, они соответствующим образом подготовили свои радиотелескопы для наблюдения этого объекта, желая разгадать загадочную особенность в общем такой обычной планеты, как Юпитер, оказавшейся чрезвычайно шумной в радиодиапазоне спектра.

На поверхности

Сразу же стало ясно, что излучение радиоволн происходит лишь в определенные периоды: даже если Юпитер находится точно в центре поля зрения радиотелескопа, бывают периоды, когда он молчит. Очень большое волнение среди радиоастрономов вызвало открытие одного австралийского ученого, который обнаружил, что периоды наибольшей активности повторяются через правильные промежутки времени, равные примерно 9 часам 55 минутам. Это было особенно интересно

потому, что период вращения Юпитера вокруг своей оси почти такой же. Пятна в центральной части диска планеты свидетельствуют о периоде вращения, равном 9 часам 50 минутам 30 секундам. Наблюдения пятен на более высоких широтах указывают на увеличение периода вращения примерно до 9 часов 56 минут. Поэтому было признано, что регулярность появления шума Юпитера, вероятно, связана с тем, что источник шума каким-то образом ограничен определенной областью поверхности планеты и что мы ясно слышим этот шум лишь тогда, когда соответствующая часть поверхности повернута к Земле.

В настоящее время полагают, что период вращения возмущения, составляющий точно 9 часов 55 минут 29,37 секунды, и является истинным периодом вращения твердой поверхности Юпитера, которую мы никогда не видели из-за облаков. Почему мы принимаем радиовсплески с Юпитера лишь тогда, когда к нам повернута определенная его сторона, — неясно, даже если отвлечься от того, какой таинственный механизм вызывает эти всплески. В связи с этим было высказано несколько предположений. Возможно, ионосфера планеты Юпитер — ионизованная верхняя часть ее атмосферы — подобно линзе фокусирует излучение, направленное к Земле. Предлагались и другие механизмы, но ни один из них не дает полного объяснения загадочного явления.

Дальнейшее весьма тщательное исследование шумов Юпитера показало, что на его поверхности, по-видимому, имеется не менее четырех локальных источников. Один из них — очень интенсивный, другие же три — более слабые и находятся в разных местах поверхности. На покрытой облаками поверхности Юпитера нет ясно видимых деталей, которые можно было бы отождествить с каким-либо из этих источников.

Что представляют собой всплески?

Временами всплески радиоизлучения длятся несколько секунд, а иногда они продолжаются много часов подряд. В любом из этих случаев, когда соответствующая область Юпитера повернута к Земле, в течение периода действия всплеска радиоизлучения регистрируется много отдельных «вспышек». Одни из них продолжительны, другие — коротки, но они сменяют друг друга довольно быстро. Каждый всплеск очень

сложен и состоит из множества коротких импульсов. Некоторые из них длятся лишь очень малую долю секунды, и были даже споры по поводу того, действительно ли эти короткие импульсы исходят от Юпитера или являются результатом возмущений в земной ионосфере. Недавние сравнительные исследования шума Юпитера, зарегистрированного двумя далеко отстоящими друг от друга радиоастрономическими обсерваториями, показали, что чрезвычайно быстрые колебания, вероятно, связаны с ионосферой Земли, но основные наблюдаемые нами всецело несомненно исходят от самого Юпитера.

Если бы вам повезло оказаться вблизи радиоастрономической обсерватории, изучающей планету, и вы могли бы «слушать» Юпитер с помощью репродуктора или наушников, вы бы услышали необычайно сложный шум, напоминающий шум водопада или океанского прибоя, с заметными изменениями высоты звука и его интенсивности. Если бы вы слушали Юпитер на длине волны около 20 метров, вы бы уловили 13—20 импульсов в минуту.

Молнии или извержения вулканов?

До сих пор не дано удовлетворительного объяснения всплескам длинноволнового радиоизлучения Юпитера. Существует много любопытнейших теорий, объясняющих их появление, большинство которых связано с условиями на поверхности планеты, скрытой под наблюдаемым нами облачным покровом. Например, некоторые ученые высказали предположение, что их причиной могут быть вспышки молний, происходящие во время фантастически интенсивных гроз в атмосфере Юпитера. Несомненно, чтобы вызывать такие мощные потоки радиоизлучения, которые мы принимаем с Юпитера, грозы там должны быть несравненно более сильными и впечатляющими, чем даже самые страшные земные грозы. При этом также подразумевается, что определенные области Юпитера более подвержены грозовой активности, чем другие; причиной могут быть топографические особенности планеты, например горы или другие неровности поверхности.

Другим возможным объяснением является предположение о том, что различие в скорости движения разных зон атмосферы Юпитера может явиться своеобразным механизмом, преобразующим энергию сильного магнитного поля планеты, в

котором эти зоны движутся. Полагали, что движение атмосферы в магнитном поле может создавать сильные электрические поля, которые в свою очередь способны производить колоссальные электрические разряды, вызывающие принимаемые нами сигналы.

Другая интересная теория предполагает, что всплески могут возникать в результате гигантских вулканических взрывов на поверхности планеты. Такие взрывы, сходны они с земными или нет, сильно возмущают заряженные частицы ионосферы Юпитера и заставляют ее быстро колебаться. Подобные колебания, по-видимому, способны вызывать излучение наблюдаемых длин волн.

Радиационные пояса

Юпитер имеет еще одну особенность — он окружен огромными радиационными поясами, весьма похожими на земные пояса заряженных частиц. Эти пояса испускают волны более короткой длины, чем у всплесков. Действительно, мы наблюдаем, что эти «радиопередачи» имеют спектр синхротронного излучения, подобного тому, которое характерно для далеких взрывающихся галактик. Это излучение, по-видимому, создается захваченными частицами, электронами и протонами, движущимися с очень большой скоростью в магнитном поле Юпитера. При движении этих заряженных частиц испускается синхротронное излучение, создающее довольно устойчивое жужжание, которое мы слышим на длине волны около 25 сантиметров.

По тому, как время от времени меняются характеристики излучения поясов по мере их вращения вместе с планетой, было установлено, что ось поясов наклонена к оси вращения планеты почти на 40° . Интересно, что магнитные полюса Земли примерно на такую же величину отклонены от ее полюсов вращения. Очень тщательные измерения размеров источника излучения этого постоянного радиошума указывают на то, что радиационные пояса по крайней мере в три раза больше самого Юпитера и что они концентрируются в основном к экваториальной плоскости планеты.

Самый внешний пояс, по-видимому, очень сильно реагирует на солнечную активность. Примерно через четыре дня после взрыва на Солнце, например после солнечной вспышки,

внешний пояс увеличивает свою активность. Это как раз то время, которое требуется большинству высокоэнергичных частиц, выбрасываемых Солнцем, чтобы пройти расстояние между Солнцем и Юпитером и столкнуться с внешним поясом этой планеты.

У поясов есть еще одна интересная особенность: внешний пояс находится под воздействием одного из спутников Юпитера. Когда спутник Ио проходит сквозь него, он вызывает возмущения.

Коротковолновое излучение Юпитера, по-видимому, нам более ясно, чем длинноволновые всплески, но есть одно обстоятельство, указывающее на их взаимную связь. Заключается оно в том, что долгота области на поверхности Юпитера, которая обнаруживает максимальный пик активности типа всплесков, точно совпадает с долготой магнитного полюса планеты, находящегося по радиационным поясам. Таким образом, хотя у нас еще нет ясного представления о том, что же точно вызывает сильные всплески радионизлучения планеты, мы все ближе подходим к раскрытию тайны.

8. Радиолокационная революция

Рассказывают, что несколько лет назад на военной базе США в Арктике едва не была объявлена боевая тревога, когда радиолокатор обнаружил поднимающийся над горизонтом неожиданный объект. К счастью, быстро выяснилось, что загадочный объект — это Луна. Наш спутник является достаточно далеким телом и поэтому его чрезвычайно трудно обнаружить радиолокатором, однако эти аппараты настолько чувствительны, что регистрируют даже еще более далекие объекты, чем Луна.

Радиолокатор представляет собой чрезвычайно мощный инструмент, поскольку с его помощью можно точно определять как расстояния, так и скорости далеких объектов. В астрономии с помощью других средств определение точных расстояний объектов, находящихся вне Земли, весьма затруднительно, и поэтому радиолокатор полностью революционизировал прежние методы.

Как работает радиолокатор?

В принципе все очень просто. Инструмент, называемый радиолокатором, имеет форму чаши и очень похож на радиотелескоп. И на самом деле многие радиолокационные телескопы могут работать так же, как радиотелескопы. Различие между ними заключается в том, что радиолокационный телескоп может и посылать сигналы и принимать их. Чаша действует как антенна для посылки сигналов в определенном направлении, поскольку ее форма позволяет создавать параллельный пучок волн. Проектор со сферическим отражателем



Рис. 26. Радиолокатор Массачусетского технологического института в Миллстон-Хиллс — один из первых астрономических радиолокационных инструментов, при помощи которых было измерено расстояние от Земли до Венеры и детально исследована поверхность Луны. Фотография, сделанная в 1960 г., показывает первоначальный вид радиолокационной установки; с тех пор она была перестроена и теперь работает на более высоких частотах, что значительно снижает нежелательные помехи ионосферы.

за источником света делает абсолютно то же самое со световыми волнами. Импульсы, посланные антенной, например, на Луну, отражаются от нее и снова принимаются. Размеры Луны или другого объекта, неровности ее поверхности характеризуются интенсивностью эха, а время между посылкой импульса и его возвращением на Землю определяет расстояние.

Основные различия между такой астрономической радиолокационной антенной и антенной, используемой полицией для наблюдения за уличным движением, заключаются в том, что астрономические антенны должны быть значительно большими и гораздо более точно направленными. Пожалуй, самыми мощными инструментами, используемыми для гражданских целей, являются радиолокаторы в аэропортах. Они обычно обладают способностью обнаруживать воздушные лайнеры на расстояниях около 150 километров. Такой радиолокатор никогда не сможет обнаружить Луны; для этого необходима примерно в 1000 раз большая чувствительность.

Следующим более далеким объектом после нашего спутника и поэтому следующим по доступности объектом для радиолокации является Венера, первая планета, которая была обследована этим методом. Обнаружить Венеру в 5 миллионов раз труднее, чем Луну. Марс, который несколько дальше и меньше Венеры, обнаружить в 100 миллионов раз труднее, чем Луну. Маленький Меркурий, ближайшую к Солнцу планету, заметить этим методом труднее, чем Луну, почти в миллиард раз. Тем не менее все эти планеты уже исследованы радиолокатором, и мы уточнили не только их расстояния, но и их топографию. Впервые мы получили какое-то представление об относительной высоте различных частей поверхности планет и можем различать возвышенности и низменности.

Как далеко?

Пожалуй, самым важным результатом радиолокационной революции в астрономии явилось точное определение шкалы расстояний в астрономии. В конечном итоге во Вселенной все привязано к расстояниям, измеренным в Солнечной системе, к расстояниям между планетами. До эпохи радиолокаторов единственное, что могли сделать астрономы, это попытаться методом триангуляции определить расстояния до ближайших планет, а иногда до пролетающих мимо нас мелких тел, назы-

ваемых астероидами. Это означало, что им приходилось наблюдать интересные их объекты из двух обсерваторий, расположенных далеко друг от друга в различных точках Земли, и пытаться измерить треугольник, образовавшийся двумя обсерваториями и планетой. Если можно было измерить углы и найти расстояние между обсерваториями, то становилось возможным измерение расстояний до планет или астероидов.

Наиболее точные определения расстояний в Солнечной системе были сделаны по нескольким астероидам, сравнительно близко подходившим к Земле, но находившимся от нее все же на расстоянии миллионов километров. Эти первые вычисления позволили найти то, что астрономы называют астрономической единицей, которая представляет собой среднее расстояние между Землей и Солнцем. Раньше астрономическая единица была известна с точностью лишь около 0,2%, т. е. довольно грубо. Но теперь радиолокационные измерения расстояний до Венеры позволяют совершенно по-новому повести наступление на эту проблему. В последнее время стало возможным определение астрономической единицы с точностью, в сто раз превышающей доступную прежде. Теперь мы знаем среднее расстояние между Землей и Солнцем с точностью примерно до 150 километров — совершенно поразительной, если учесть, что это расстояние составляет 150 миллионов километров.

Разгадка тайн Венеры

Издавна планета Венера представлялась весьма таинственной, и лишь после получения отразившихся от нее сигналов радиолокатора эта таинственность стала понемногу рассеиваться. Планета полностью покрыта облаками и никто никогда не видел ее поверхности. До применения радиолокатора было невозможно определить скорость ее вращения вокруг оси. Некоторые астрономы предполагали, что она не может вращаться очень быстро, иначе мы бы увидели какую-то структуру облачного покрова. Оптические наблюдения подтверждали медленное вращение планеты, причем по различным оценкам период вращения колебался от четырех до 300 суток.

Когда на Венеру были посланы радиолокационные сигналы, картина мгновенно из неопределенной превратилась в точную. Это произошло потому, что длина волны сигналов изме-

нялась при отражении теми частями планеты, которые двигались по отношению к ее центру. Движение различных частей Венеры вызвало изменение частоты радиолокационных импульсов; импульсы, отразившиеся от той части Венеры, которая вследствие вращения движется к нам, немного сместились по частоте в одном направлении, а импульсы, отразившиеся от уходящей части, — в противоположном. Это незначительное изменение можно было измерить с достаточной точностью, чтобы надежно установить скорость вращения.

Радиоастрономы обнаружили, что почти все оптические измерения скорости вращения Венеры были совершенно ошибочными. В действительности было найдено, что в отличие почти от всех других планет Венера вращается в обратном направлении. Большинство объектов в Солнечной системе вращается в одном и том же направлении, которое можно характеризовать как движение против часовой стрелки, если смотреть с северного полюса Солнца. В этом направлении вращаются Земля, Луна, Марс, Юпитер, Сатурн и все другие планеты, за одним исключением: радиолокатор показал, что Венера по каким-то таинственным причинам, которые астрономы так до сих пор и не понимают, вращается в противоположном направлении. Период ее вращения составляет 243 земных суток.

Это обстоятельство оказывает весьма странное влияние на продолжительность суток на планете. Поскольку планета обращается вокруг Солнца почти с таким же периодом — 225 земных суток, — сочетание этих периодов приводит к тому, что жителю Венеры сутки должны казаться чрезвычайно длинными. Солнце восходит на западе и заходит на востоке — полная противоположность тому, что мы наблюдаем на Земле. Из-за того, что период вращения и период обращения почти совпадают, Солнце смещается по небу Венеры лишь на небольшую долю градуса за земной час. Оно очень-очень медленно поднимается на западе, причем только для того, чтобы полностью появиться над горизонтом, ему требуется 4 земных часа, затем оно еле-еле ползет по небу, настолько медленно, что дневной свет на Венере сохраняется непрерывно в течение 58 земных суток. Таким образом, от полудня до полудня на Венере проходит 116 земных суток.

Радиолокатор также дает нам некоторое представление о характере поверхности Венеры. У нас нет никакой надежды увидеть ее поверхность с помощью оптических телескопов, и

без радиолокатора нам оставалось бы только послать на Венеру ракету, чтобы взять образцы грунта для определения его природы. Этот метод, если его успешно осуществить, даст нам некоторую информацию о весьма ограниченном участке поверхности, в то время как радиолокатор может рассказать нам обо всей территории, хотя его данные труднее интерпретировать. Мы знаем теперь, что поверхность Венеры значительно глаже, чем поверхность Луны. Поверхностный слой Венеры отражает волны радиолокатора почти так же, как обычная земная горная порода, и резко отличается от поверхности Луны, состоящей из более пористого и хрупкого материала.

Дальнейшие исследования Венеры показали, что на ней имеются три области, расположенные явно выше окружающей поверхности, которые в значительной мере напоминают гигантские скопления пород, образующие на Земле крупнейшие горные массивы. По мере того как исследования будут вестись с помощью все более и более чувствительных радиолокаторов, мы сможем получить более точные карты этих деталей поверхности.

В чем были ошибочны наши представления о Меркурии?

Планета Меркурий также преподнесла большой сюрприз, когда ее начали исследовать с помощью радиолокаторов. При первых же измерениях было обнаружено, что поверхностный слой Меркурия очень похож на поверхностный слой Луны — грубый, пористый и неровный. Но самая большая неожиданность была связана с периодом вращения планеты, определенным с помощью радиолокатора. Этот период уже много лет назад был установлен по слабозаметным деталям, видимым в оптические телескопы на поверхности планеты. Из этих наблюдений был сделан вывод, что Меркурий всегда повернут к Солнцу одной и той же стороной. Период вращения Меркурия вокруг своей оси был принят равным 88 суткам, что точно соответствует периоду его обращения вокруг Солнца. Поэтому считалось, что половина планеты всегда освещена ярким солнечным светом и на ней господствует невыносимая жара, другая же половина постоянно погружена в мрак и очень холодна.

Радиолокационные измерения показали, что все это ошибочно. Истинный период вращения оказался равным 58 сут-

кам, т. е. значительно короче периода обращения. Когда об этом было объявлено, астрономы обратились к своим старым наблюдениям, по которым был установлен более длительный период вращения, и нашли, что эти наблюдения хорошо согласуются как с 58-суточным периодом, так и с 88-суточным периодом. Недоразумение произошло потому, что было очень трудно определить скорость вращения планеты, которую мы могли ясно видеть лишь в ограниченные промежутки времени. Меркурий можно оптически наблюдать лишь тогда, когда он достаточно близок к нам, однако не настолько близок, чтобы к Земле была обращена только его теневая сторона. Это означает, что бывают лишь отдельные промежутки времени, когда можно увидеть детали поверхности. Как оказалось, это были в большинстве случаев как раз те промежутки, когда к Солнцу была обращена одна и та же сторона планеты.

Правильный период вращения, составляющий около 58 суток, равен примерно $\frac{2}{3}$ периода обращения. Теперь астрономы полагают, что период вращения планеты связан с приливным воздействием на нее Солнца — гравитационным притяжением ее коры. Солнце находится очень близко к Меркурию. Когда планета достигнет точки своей орбиты, наиболее близкой к Солнцу, приливное действие на ее поверхность должно быть очень большим. Одним из возможных результатов такого приливного воздействия Солнца на планету может оказаться тот факт, что величина периода вращения планеты должна составлять точно $\frac{2}{3}$ периода ее обращения вокруг Солнца. Как только этот расчет был опубликован, астрономы, проводившие радиолокационные исследования, пересмотрели свои данные и обнаружили, что действительно наилучшим образом с ними согласуется период 58,6 суток, что точно соответствует $\frac{2}{3}$ периода обращения.

Горы на Марсе

Марс также представляет собой планету, которую можно исследовать с помощью радиолокатора. У него поверхность более неровная, чем у Венеры, но не такая неровная, как у Луны. Это хорошо согласуется с тем, что мы знаем об атмосфере Марса и возможном сглаживающем эффекте атмосферы. Мы подозреваем, что более гладкая поверхность Венеры

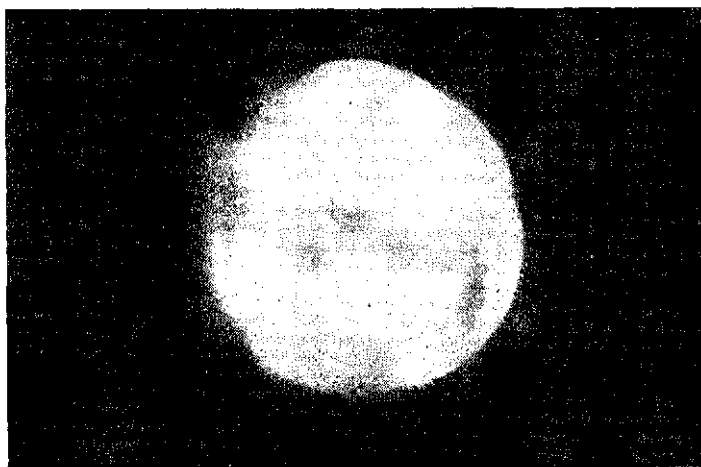


Рис. 27. Фотография Марса, полученная при помощи красного фильтра. Планета может быть обнаружена и радиолокатором, хотя большое расстояние до нее и ее сравнительно малые размеры (диаметр Марса составляет примерно половину диаметра Земли) создают известные трудности.

связана с ее очень плотной атмосферой, потому что перемещение больших атмосферных масс неизбежно приводит к сильной эрозии. В случае Луны, где практически нет атмосферы, и Меркурия, где, вероятно, ее тоже нет, отсутствует эрозия, и поэтому поверхность остается очень грубой и неправильной. У Марса очень разреженная атмосфера, позволяющая предположить наличие некоторой эрозии, но не такой сильной, как на Венере.

Радиолокационные исследования Марса также показали, что некоторые его области лучше отражают радиолокационные импульсы, чем другие; эти данные были истолкованы как свидетельство о существовании на Марсе возвышенностей и низменностей. Самые последние наблюдения показывают, что темные области, обычно называвшиеся морями, на самом деле представляют собой более возвышенные районы, чем окружающая их красноватая местность. Данные, полученные с помощью радиолокаторов, позволяют утверждать, что эти темные области в действительности являются невысокими горными

хребтами, окруженными плоскими сухими пустынями *. Астрономы прошлого, конечно, делали ошибку, называя такие темные области морями.

Эхо от Солнца

Солнце также можно исследовать с помощью радиолокатора. Импульсы, отраженные от Солнца, впервые были получены в 1959 г., хотя было очень трудно их выделить, поскольку Солнце само создает достаточно много шума на той

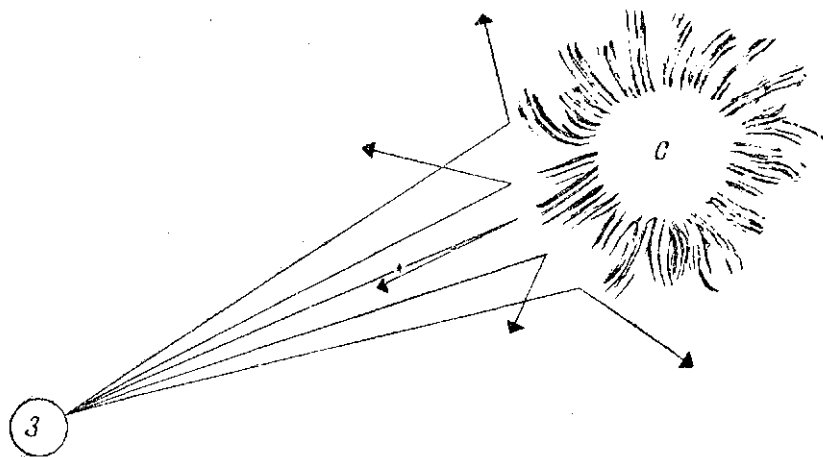


Рис. 28. Радиолокационные импульсы могут быть посланы на расстояние 150 миллионов километров к солнечной короне — самой внешней оболочке Солнца, состоящей из чрезвычайно горячего газа. Некоторые импульсы отражаются обратно на Землю, а другие уходят в космическое пространство.

же длине волны, и это их в значительной степени маскирует. Тем не менее измерения показывают, что можно использовать радиолокатор для проникновения в глубины разреженной внешней атмосферы Солнца, измерить количество вещества в ней и изучать ее структуру.

* К сожалению, последующие исследования «Маринеров» 6 и 7 показали, что это не так и «моря» не могут считаться возвышенными областями на марсианской поверхности. По-видимому, связь между цветом поверхности Марса и ее высотой практически отсутствует. — Прим. ред.

Песок на небе

Первые астрономические объекты, обнаруженные радиолокационными исследованиями, не были ни планетами, ни Солнцем. Это были метеорные частицы — мелкие твердые частицы, сталкивающиеся с Землей во время ее движения по орбите вокруг Солнца. (В тех случаях, когда они достигают поверхности Земли и сохраняются, их называют метеоритами.) Метеорные тела почти всегда разрушаются при прохождении верхних слоев атмосферы Земли и распадаются на облако пыли и пара на высоте от 30 до 150 километров над земной поверхностью. Хотя до 1950 г. радиолокационная метеорная астрономия не была по-настоящему самостоятельной отраслью науки, первые отраженные от метеоров радиолокационные эхо были получены еще больше чем за 20 лет до этого.

Радиосигнал, посланный ночью прямо вверх, отражается от ионосферы — той ионизованной части верхней атмосферы, которая доставляет радиоастрономам много неприятностей. Иногда наблюдаются также отдельные кратковременные внешески эхо, создаваемые ионизованными оболочками, образующимися вокруг метеоров во время их быстрого полета в атмосфере.

Специалисты по метеорам разработали в настоящее время много мощных радиолокационных телескопов, которые позволяют обнаруживать чрезвычайно слабые радиометеоры — многочисленные и трудно уловимые объекты, по размерам не превышающие песчинки. Так как многие из этих метеоров слишком слабы, чтобы их можно было увидеть оптическими телескопами, всю информацию о них мы можем получить лишь с помощью радиолокаторов.

Радиолокатор оказался для астрономии чрезвычайно важным новым орудием исследования. Он позволил установить точную шкалу расстояний в астрономии; он исследовал покрытую облаками поверхность Венеры; с его помощью были установлены скорости вращения Венеры и Меркурия вокруг оси, прежние значения которых оказались ошибочными; он снабжает нас информацией о Марсе, Солнце и мелких метеорных частицах. Когда-нибудь он станет достаточно чувствительным для исследования самых далеких планет. Хотя пока нет надежды использовать радиолокаторы для исследования звезд, множество полученных в последнее время сюрпризов заставляет нас воздержаться от утверждений о невозможности чего-либо.

9. Холодные и инфракрасные звезды

Вооружившись полутораметровым вогнутым алюминиевым зеркалом, три физика из Калифорнийского технологического института открыли новый тип звезд. Они не смотрели в свой довольно грубый телескоп и не получали с его помощью фотографий. Вместо этого они установили в его фокусе специальное устройство, которое обнаруживает инфракрасный свет — свет со слишком большой длиной волны, чтобы его можно было увидеть или даже сфотографировать. Их детекторы превращали инфракрасный свет в электрические сигналы, так что, когда детекторы оказывались направленными на источник такого света, регистрировался электрический импульс.

Эти ученые, Джерри Пойгебауэр, Дауэлл Мартц и Роберт Лейтон, с помощью своего инфракрасного телескопа обследовали все небо, не имея ни малейшего представления о том, что им может попасться. Они знали, что инфракрасный свет испускается холодными объектами, например планетами, но у таких горячих объектов, как звезды, он составляет лишь весьма небольшую часть их общего излучения. Однако они считали, что стоит поискать среди звезд объекты, которые могут оказаться яркими в инфракрасных лучах. Едва приступив к работе, они обнаружили такие странные объекты, которые назвали «инфракрасными звездами».

Природа этих звезд сначала представлялась совершенно загадочной. Но, по мере того как их положение на небе определялось все точнее и точнее, выяснилось, что некоторые из них кажутся слабыми звездочками в крупные оптические телескопы, и по крайней мере эти объекты удалось расшифровать.

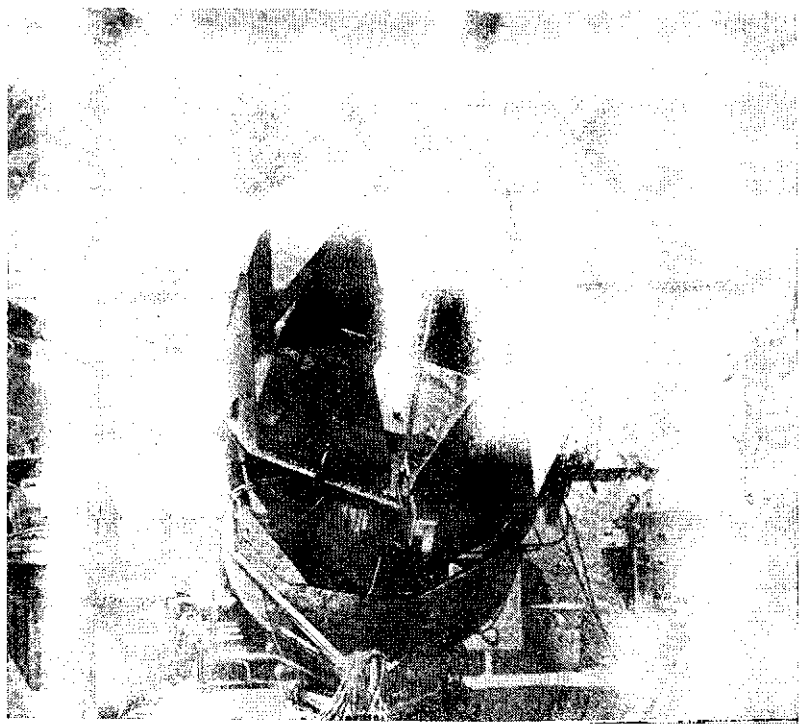


Рис. 29. Этот инфракрасный телескоп, установленный в Калифорнии на Маунт Вилсон, имеет 62-дюймовое зеркало с хорошо отражающей поверхностью, покрытой алюминием. В фокусе зеркала на четырех ножках установлены приемники инфракрасного излучения, охлаждаемые с помощью жидкого азота. Когда телескопом не пользуются, зеркало закрывается лепестковыми створками. Роберт Лейтон и Джерри Нойтебауэр спроектировали и построили этот современный научный прибор с помощью студентов Калифорнийского технологического института и открыли, работая с ним, около 20 000 источников инфракрасного излучения.

Среди инфракрасных звезд существуют три основных вида объектов: очень холодные звезды с протяженной атмосферой, очень «покрасневшие» звезды и странные объекты, холодные, но яркие, испускающие радиоволны неожиданного характера.

Холодные звезды

Первая категория — наименее странная. Это холодные звезды с температурами 2000—3000 градусов (по сравнению с 6000 градусов у Солнца). Некоторые из них представляют то, что астрономы называют «углеродными звездами» из-за большого количества этого элемента и его соединений в их атмосферах. Они далеко проплы по своему эволюционному пути, и их низкая температура свидетельствует о больших размерах и малой скорости сгорания оставшегося ядерного топлива. Некоторые из них — «долгопериодические переменные», т. е. звезды, которые пульсируют, то медленно сжимаясь, то расширяясь с периодом примерно в один год. У всех у них в атмосфере множество молекул, например паров воды.

Молекулы могут образовываться и сохраняться в целости лишь у таких холодных звезд; у более горячих звезд, подобных Солнцу, большинство молекул под влиянием высокой температуры распадается на атомы. Оказалось, что многие инфракрасные звезды этой категории уже исследовались, и их излучение в видимой области спектра считается необычным.

Спрятавшиеся звезды

Вторая категория инфракрасных звезд «красна» по другой причине. Прохождение сквозь некоторую среду по-разному влияет на свет с разной длиной волны. Короткие волны (синие и ультрафиолетовые) поглощаются и рассеиваются больше всего, а длинные волны (красные и инфракрасные) — меньше всего. Вот почему небо кажется нам синим; цвет неба — это сияя часть солнечного света, которая рассеивается атмосферой во все стороны. В этом также одна из причин, почему заходящее Солнце кажется красным: его синий свет поглощен и рассеян большой толщей атмосферы, через которую он должен пройти.

Астрономии известно, что межзвездное вещество (газ и пыль) оказывает такое же воздействие на свет звезд. Свет далеких звезд краснеет, проходя сквозь это вещество, лежащее между нами и ними. Большинство наблюдаемых нами звезд краснеет лишь в очень незначительной степени. Но второй тип инфракрасных звезд представляет собой исключение. Некоторые источники инфракрасного излучения оказались звездами,

настолько глубоко погруженными в облака пыли и газа, что до нас доходит только инфракрасное излучение, которое мы и регистрируем. Свет, доходящий до нас в визуальной области спектра, составляет всего лишь $1/10\,000$ посылаемого звездой, в инфракрасной же области излучение звезды ослабляется лишь незначительно.



Рис. 30. Переменная туманность Хаббла немного похожа на пыряющую птицу. Область головы и клюв представляют собой объект R Единиорога, яркий в инфракрасном свете.

Звезды-мазеры

Третий вид инфракрасных звезд совсем странный, можно сказать, таинственный. Типичным для этой группы объектов является источник в созвездии Лебеда, названный NML Лебеда по именам открывших его наблюдателей и местоположению на небе. Хотя он очень ярок в инфракрасных лучах, его невозможно наблюдать в обычном видимом свете даже с помощью самого крупного в мире телескопа. Его температура была измерена и оказалась равной 700 градусов, что невероятно мало для звезды. А совсем недавно было обнаружено, что NML Лебеда представляет собой очень сильный источник радиоизлучения, но излучения, испускаемого лишь соединением ОН (называемого гидроксидом). Астрономы, измерившие поток излучения от молекул ОН этого объекта, совершенно не могут объяснить его, потому что это радиоизлучение необычайно интенсивно. Они считают, что действует какой-то экзотический механизм, возможно, напоминающий мазер, в котором вся энергия перекачивается в одну определенную длину волны.

Инфракрасная астрономия является новой и быстро развивающейся отраслью самой старой науки. Когда большие телескопы будут выведены на орбиты в открытый космос, облегчая изучение инфракрасных объектов, безусловно, будут сделаны новые и еще более поразительные открытия.

10. Ультрафиолетовые ракетные исследования

Земная атмосфера, являющаяся защитой от метеоритных бомбардировок, предохраняет нас также и от других неприятностей. Она отфильтровывает различные типы излучений высоких энергий, например космические лучи, которые, дойдя они до нас, оказались бы убийственными для человечества. Другим вредным видом излучения, в значительной мере поглощаемым нашей атмосферой, является ультрафиолетовый свет. В основном из окружающего Землю пространства до нас доходят лишь волны не короче синих и фиолетовых; самое коротковолновое излучение, ультрафиолетовое, обычно попадает к нам от внешних источников сильно ослабленным.

Всякий, кто бывал высоко в горах в солнечный день, знает, какое действие оказывает лишь небольшой избыток ультрафиолетовых лучей. На большой высоте, где защитный слой атмосферы значительно тоньше, можно за очень короткое время получить болезненные ожоги. Это частично происходит потому, что на кожу попадают более высокоэнергичные ультрафиолетовые лучи, обжигая ее быстрее, чем нормальный солнечный свет на меньших высотах. Если бы каким-то образом атмосфера стала полностью прозрачной для ультрафиолетовых лучей, нам пришлось бы в солнечные дни пользоваться зонтиками, чтобы защитить себя от тяжелых ожогов.

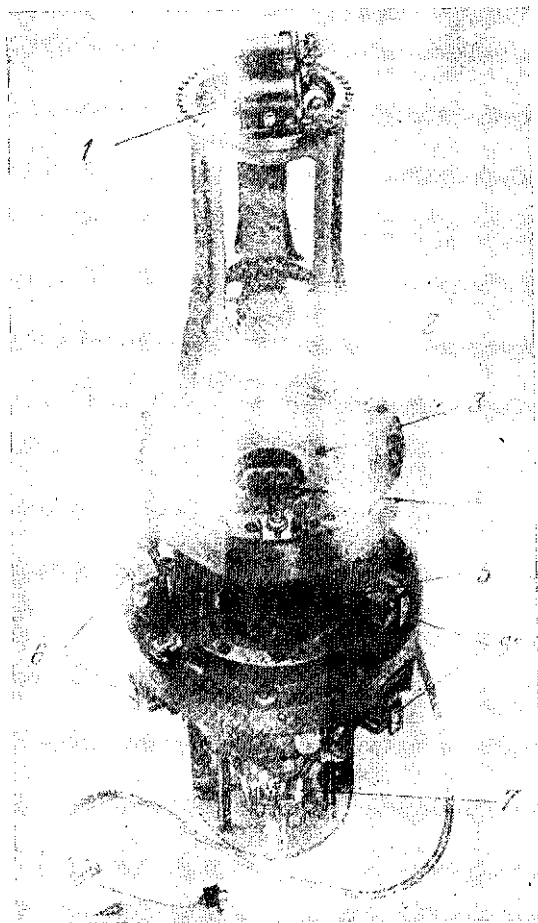
Астрономы, которые должны использовать все доступные им средства для раскрытия тайн неба, пытаются теперь наблюдать это ультрафиолетовое излучение от Солнца и далеких звезд. Чтобы достичь этой цели, они должны каким-то образом вывести свои телескопы за пределы атмосферы; это стало возможным лишь в последние несколько лет.

Над Землей

Первые исследователи космического ультрафиолета использовали ракеты, которые поднимались над плотными слоями атмосферы на несколько секунд, после чего падали вниз. При этом возникали колоссальные трудности. Были поставлены маленькие телескопы и камеры, достаточно прочные, чтобы выдержать сильнейший удар при возвращении ракеты на Землю. Были созданы чувствительные механизмы для наведения телескопа на избранную звезду, когда ракета вырывалась за пределы атмосферы и эти тонкие приборы должны были уцелеть при огромных перегрузках, возникающих при запуске. А затем астрономам приходилось искать в пустынях Нью-Мексико скрученные обломки ракет, надеясь при этом, что сохранилось оборудование и уцелела пленка.

Из этих первых снимков астрономы узнали много новых фактов о Солнце и звездах. Но добывать эти факты было очень тяжело, особенно из-за незначительного количества времени, которое ракета находилась над плотными слоями атмосферы. Именно по этой причине исследователи, как только им предоставлялась такая возможность, обратились к искусственным спутникам Земли. Первые орбитальные астрономические обсерватории были оборудованы для наблюдений в ультрафиолетовых лучах, и по мере увеличения числа запусков наши познания в области ультрафиолетовой астрономии быстро растут.

Больше всего мы узнали о Солнце, так как оно настолько яркое, что для его исследования можно воспользоваться простыми приборами. Ультрафиолетовая область солнечного спектра очень сложна: в ней тысячи ярких и темных линий, и яркость необычным образом зависит от длины волны света и активности Солнца. Пожалуй, самым важным новым открытием, связанным с Солнцем и полученным на основе этих исследований, явилась информация о внешних слоях его атмосферы. Например, тщательное исследование солнечного ультрафиолета, выполненное с применением специальных математических методов, показало, что у части атмосферы нашей звезды температура более чем на 1000 градусов ниже, чем у видимой поверхности. Последние измерения говорят о том, что самая низкая температура, наблюдаемая в горячей газовой атмосфере Солнца, составляет 4600 градусов. И над этой областью и под ней температура атмосферы выше. Температура видимой поверхности равна примерно 6000 градусов.



Р и с. 31. Этот инструмент принстонские астрофизики поднимали в ракете для получения ультрафиолетовых спектров горячих звезд. Для этой цели камера имеет дифракционную решетку, состоящую из сети чрезвычайно тонких параллельных линий на блестящей поверхности; призма здесь не подошла бы, так как даже кварцевая призма не пропускает всех ультрафиолетовых лучей. Гироскоп впису стабилизирует камеру, защищая ее от малых сдвигов при движении ракеты, которые могли бы смазать полученное изображение спектра. 1 — камера с пленкой; 2 — главное зеркало; 3 — вторичное зеркало; 4 — решетка; 5 — перегородка; 6 — места крепления к обшивке ракеты; 7 — гироскоп.

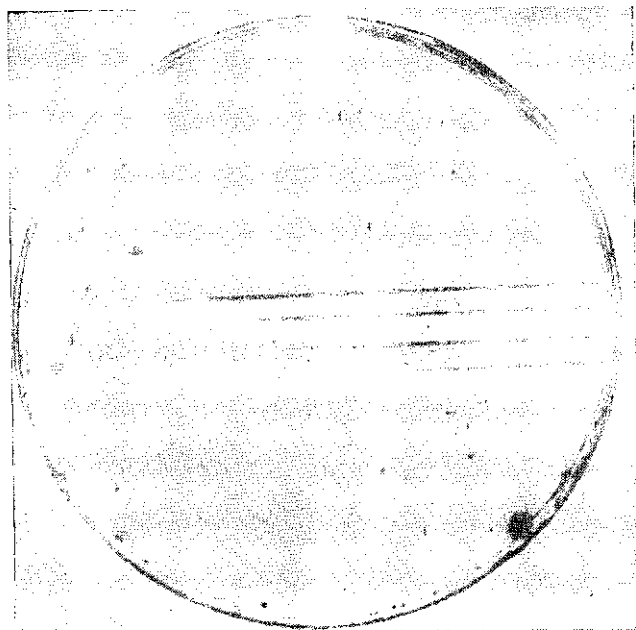


Рис. 32. Ультрафиолетовые спектры звезд в созвездии Ориона, отпечатанные в виде негатива для большей отчетливости деталей. Три самых интенсивных спектра (*сверху вниз*) принадлежат звездам Дельта, Эпсилон и Дзета Ориона, которые составляют «пояс» Ориона. В спектре звезды Дзета справа налево видны линии трижды ионизованного углерода и кремния, межзвездного водорода и дважды ионизованного углерода.

Исследование ультрафиолетового излучения звезд, хотя и значительно более трудное, также позволило продвинуться вперед. С помощью ракет были обнаружены лишь самые горячие звезды, температура поверхности которых выше 10 000 градусов. По ультрафиолетовым спектрам некоторых из этих звезд было также установлено, что они окружены очень горячими и расширяющимися атмосферами. Это относится ко всем самым горячим звездам, особенно к тем, которые необычно ярки. Астрономы в Принстоне, например, используют ракеты для изучения некоторых горячих звезд в созвездии Ориона. Три звезды, образующие пояс Ориона, имеют температуры поверх-

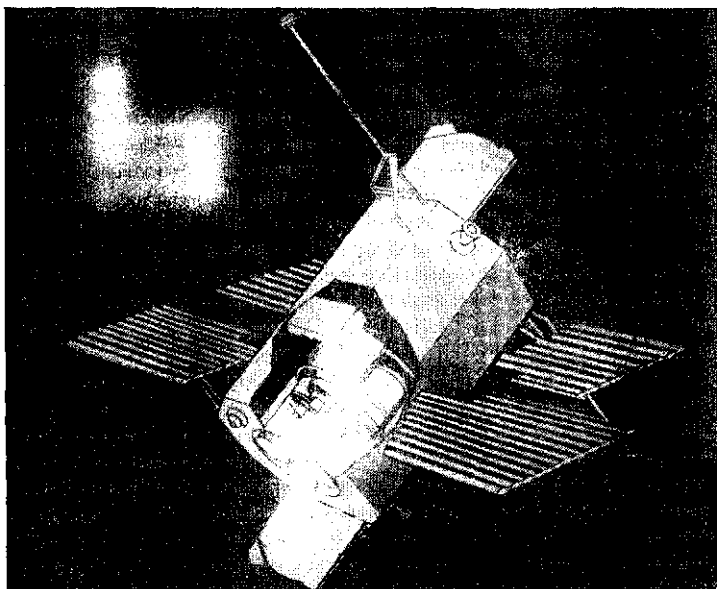


Рис. 33. На рисунке изображена Орбитальная астрономическая обсерватория А2 НАСА. В вырезе показан телескоп, предназначенный для систематического наблюдения неба в ультрафиолетовых лучах, а также для исследования молодых горячих звезд созвездия Ориона, новых звезд, квазаров, планет, газовых облаков и других источников или возможных источников ультрафиолетового излучения. На рисунке показаны четыре телескопа, соединенных телевизионными трубками, чувствительными только к ультрафиолетовым лучам. Каждому телескопу придан фильтр, сконструированный таким образом, чтобы принимать различные области ультрафиолетового спектра. На другом конце ОАО находится еще одна экспериментальная установка. Полученные сведения передаются с помощью антенны; четыре раскрытые солнечные батареи обеспечивают ОАО электроэнергией.

ности около 25 000 градусов, и все они относятся к сверхгигантам, которые гораздо больше и ярче обычных звезд. Ученые Принстона открыли, что эти три звезды имеют атмосферы, расширяющиеся со скоростью около 6 000 000 километров в час.

Это один из крупных сюрпризов ультрафиолетовой астрономии, а их существует еще немало. Внезапно появилась также новая информация о веществе межзвездной среды, и прихо-

дится разрабатывать целые новые теории для правильного объяснения ультрафиолетового излучения, испускаемого даже нормальными звездами. В настоящее время эти новые идеи о звездных атмосферах хорошо согласуются с наблюдениями, но понадобится толчок в виде необъяснимых результатов ультрафиолетовых исследований, чтобы заставить теоретиков упорно поработать над этой проблемой и построить соответствующие модели.

Ультрафиолетовая астрономия только начинается. Мы достигли первых успехов в цепи многообещающих открытий, и по мере ввода в действие крупных телескопов на искусственных спутниках мы можем ожидать новых сюрпризов.

11. Рентгеновские лучи из космоса

Рентгеновская астрономия представляет собой еще одну совершенно новую ветвь астрономии, появление которой стало возможным благодаря революции в астрономических инструментах. Поскольку мы теперь можем наблюдать небесные светила с ракет и искусственных спутников, мы в состоянии обнаружить любое рентгеновское излучение, поглощаемое атмосферой Земли. У нас накопились интересные и поразительные данные о рентгеновском излучении Солнца, некоторых хорошо известных взорвавшихся звезд, нового класса объектов, называемых рентгеновскими звездами, и ряда далеких галактик.

По мере того как мы продвигаемся в область все более и более коротких волн в невидимой части электромагнитного спектра, мы проходим сначала ультрафиолетовое излучение. Двигаясь к еще более коротким волнам, мы оказываемся в области рентгеновского излучения. Принято считать, что длины волн рентгеновских лучей заключены в пределах от 400 Å до доли ангстрема. (Ангстрем — это единица длины, равная $1/100\,000\,000 = 10^{-8}$ сантиметра.) Рентгеновские лучи поглощаются земной атмосферой, и поэтому нельзя обнаружить рентгеновского излучения космического происхождения без применения ракет и искусственных спутников, а для некоторых длин волн — баллонов (гигантских воздушных шаров).

Рентгеновские лучи на Земле

Хотя космическое рентгеновское излучение было открыто лишь в 40-х годах, когда за пределы атмосферы были посланы специальные ракеты, рентгеновское излучение Солнца

удалось обнаружить косвенным путем за много лет до этого. Земля окружена протяженным высотным слоем атмосферы, состоящим из ионизованных атомов. Это атомы, у которых оторван один или более электронов, так что они приобретают электрический заряд. Слой ионизованного газа в верхней части земной атмосферы называется ионосферой. Многие годы причина ее возникновения оставалась загадочной. Образование большого числа ионов нельзя объяснить действием видимого излучения самого Солнца. Нельзя было придумать механизма, с помощью которого обычный солнечный свет, попадая в эти верхние слои атмосферы, вызвал бы необходимую ионизацию.

Поэтому примерно в 1938 г. двое ученых высказали предположение, что Солнце, вероятно, является источником рентге-

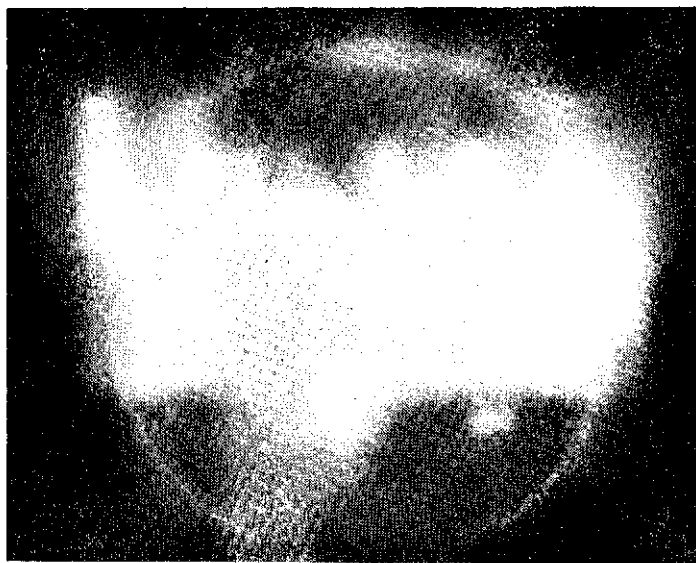


Рис. 34. Фотография Солнца, полученная 20 мая 1966 г., сделана в рентгеновских лучах с длиной волны от 27 до 40Å (с некоторой примесью лучей с длиной волны от 3 до 11Å). Сравнение этой фотографии с солнечной картой, приводимой на следующем рисунке, на которой изображены солнечные пятна в тот же день, отчетливо показывает, что эти пятна являются главными источниками рентгеновских лучей.

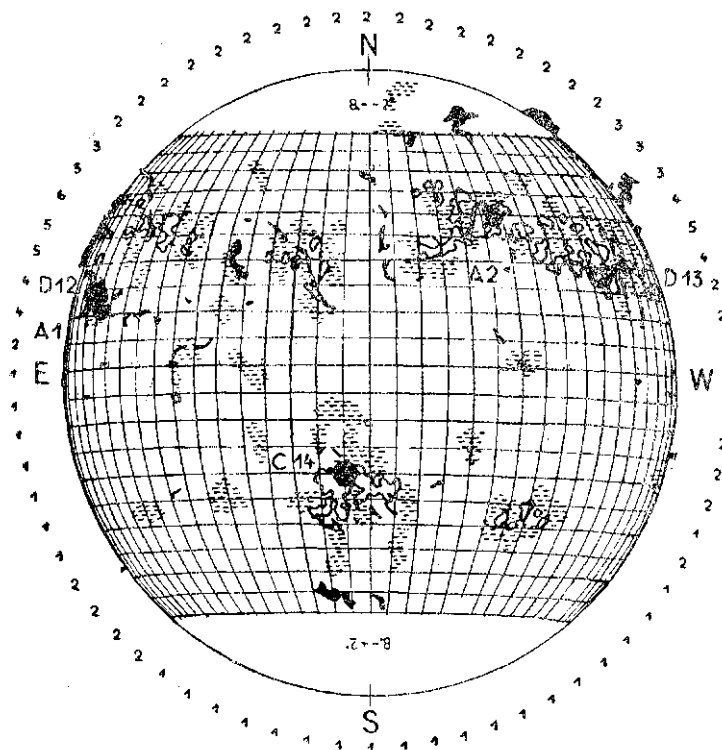


Рис. 35. Карта Солнца 20 мая 1966 г., составленная институтом им. Фраунгофера.

новского излучения, и показали, что такое излучение действительно могло бы создать ионосферу, если оно достаточно интенсивно. Эта идея пришла им в голову потому, что приблизительно в это же время исследователи Солнца пришли к выводу о необычайно высокой температуре (доходящей до миллиона градусов) внешнего слоя солнечной атмосферы, называемого короной. Стало ясно, что чрезвычайно горячая корона может сама по себе испускать достаточно рентгеновских лучей, чтобы создать ионосферу Земли.

Специальные пленки и трофейные ракеты

Несколько лет спустя, когда ученые Морской исследовательской лаборатории США получили возможность провести ряд экспериментов с трофейными немецкими ракетами «Фау-2», они немедленно приступили к поискам рентгеновского излучения Солнца. Это излучение удалось обнаружить почти сразу же с помощью очень простого оборудования. На ракете «Фау-2» подняли пленки, покрытые специальной фотографической эмульсией и обернутые в тонкую металлическую фольгу для защиты от обычного солнечного света. Когда эмульсии этого типа проявляли после облучения интенсивным светом обычных длин волн, они оставались неэкспонированными, но после облучения рентгеновскими лучами чернели. Черными же оказались и эмульсии, снятые с разбившихся ракет и затем проявленные, так что ученые сразу же признали Солнце мощным источником рентгеновских лучей.

Последующие интенсивные исследования этого излучения с помощью ракет, искусственных спутников Земли, а также поднимающихся на очень большую высоту баллонов показали, что Солнце испускает рентгеновские лучи тремя различными способами.

Во-первых, солнечная корона непрерывно и почти равномерно испускает слабые рентгеновские лучи. Во-вторых, они возникают в результате процесса, связанного с возмущениями на Солнце. Когда такое возмущение вызывает появление солнечного пятна, корона над пятном тоже возмущается и испускает больше рентгеновских лучей, чем обычно. Многовековые наблюдения солнечных пятен показали, что их количество меняется циклически с приблизительно 11-летним периодом. Медленно меняющееся рентгеновское излучение следует точно за циклом солнечных пятен, так что мы наблюдаем интенсивное рентгеновское излучение, когда лик Солнца усеян пятнами, и слабое излучение, когда пятен мало или их совсем нет.

В-третьих, рентгеновское излучение приходит в виде всплесков во время сильных солнечных возмущений. Многие из них регистрируются точно в то же время, когда на Солнце появляются вспышки. Такие вспышки на поверхности Солнца возникают тогда, когда небольшие участки его поверхности неожиданно нагреваются до температур, значительно превы-

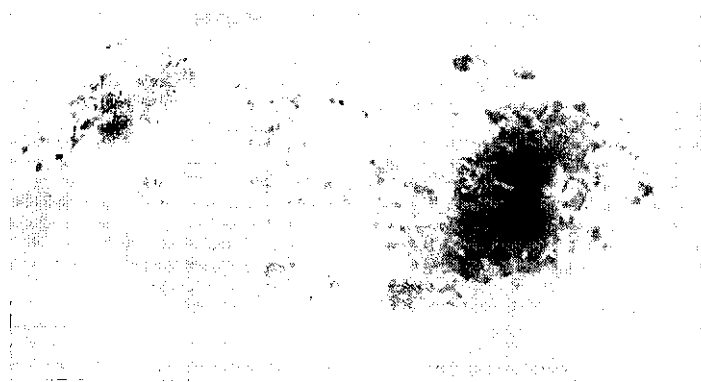
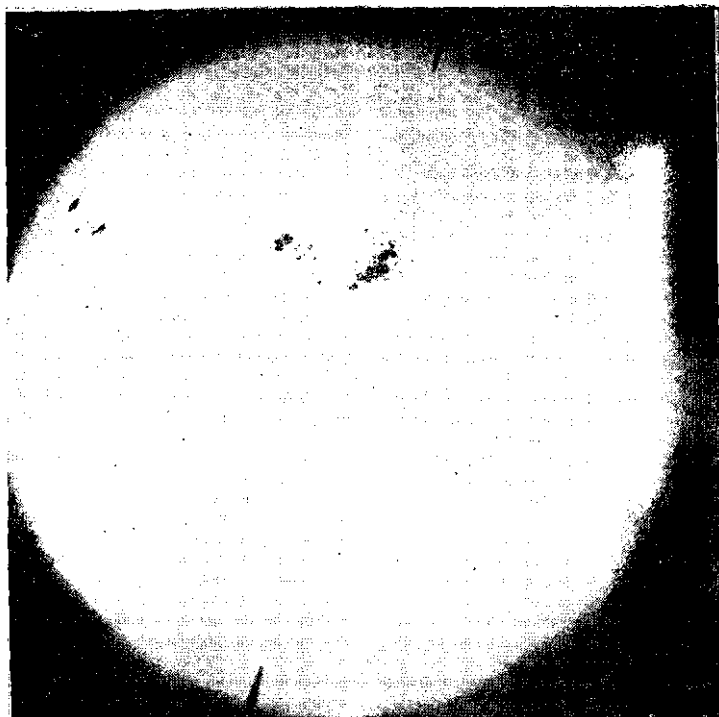


Рис. 36. Необычайно большая группа солнечных пятен 7 апреля 1947 г., показанная на диске Солнца (*сверху*) и в увеличенном виде (*снизу*). На верхнем снимке указаны положения северного и южного полюсов Солнца.

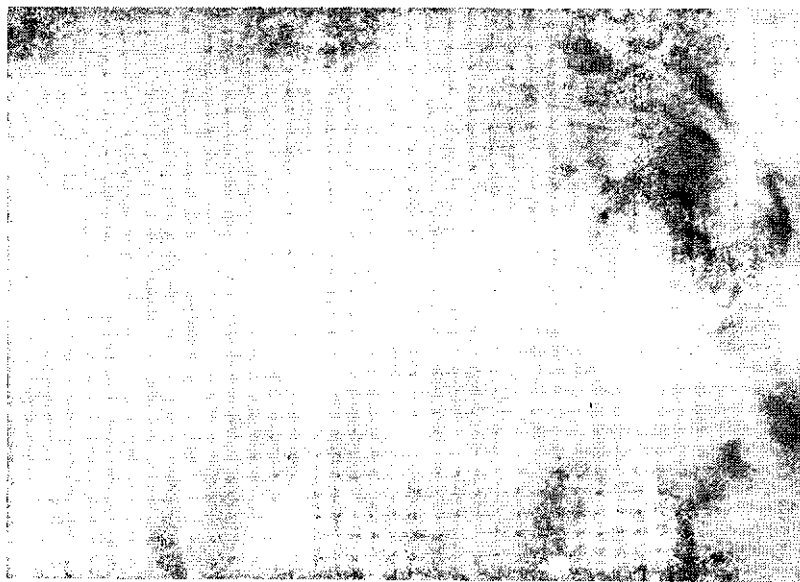


Рис. 37. Крупномасштабный снимок вспышки на Солнце, полученный с помощью спектрогелиографа в красном свете линии альфа водорода. Это значит, что свечение остальных газов отфильтровывается в приборе, и лишь излучение горячего водорода создает изображение. Один из видов солнечного рентгеновского излучения отмечается точно в моменты появления вспышки, хотя и нельзя с уверенностью сказать, что они непосредственно связаны друг с другом.

появляющихся нормальные. Не все вспыски фиксируются одновременно с солнечными вспышками, и до сих пор эти вспыски не получили еще достаточно убедительного объяснения. Возможно даже, что оба события связаны с синхротронным излучением, которое мы рассматривали в главах 3 и 4. Вполне вероятно, что нет необходимости обращаться к этому особому виду излучения, но не исключено, что рентгеновские лучи могли возникать именно таким образом. А может быть, вспыски рентгеновских лучей объясняются существованием в короне небольших участков, в которых температура достигает 10 миллионов градусов вместо обычного одного миллиона градусов.

Рентгеновские звезды

Много лет прошло после открытия в 1945 г. солнечного рентгеновского излучения, прежде чем были обнаружены первые небесные рентгеновские лучи от другого космического источника. Это произошло в 1962 г., когда группа ученых установила на ракете несколько счетчиков Гейгера, направив их в разные области неба в стороне от Солнца. Они обнаружили источник в созвездии Скорпиона, находящийся приблизительно в направлении на центр Галактики. Они открыли также другой источник, но из-за вращения ракеты не смогли в то время сказать, где он находится. Поэтому в следующем году ученые запустили еще одну ракету, которая подтвердила существование обоих источников и установила, что второй из них находится в созвездии Лебеди, в Млечном Пути. Во время этого эксперимента ученые обнаружили и третий источник в созвездии Тельца. Оказалось, что его положение на небе совпадает с Крабовидной туманностью.

При следующем запуске эта же группа ученых установила, что первый обнаруженный ими в созвездии Скорпиона источник на самом деле состоит из двух близко расположенных источников, один из которых находится в самом Скорпионе, а другой — в соседнем созвездии — Стрельце. Источник в Скорпионе — самый яркий из всех известных рентгеновских источников. В настоящее время открыто более 20 таких источников, и ожидают, что в ближайшем будущем предстоит обнаружить гораздо больше новых источников по мере того, как детекторы будут становиться все более чувствительными.

Что это за объекты?

Как мы видели, один из первых открытых источников был обнаружен на небе в том же направлении, что и Крабовидная туманность. Благодаря очень тщательным измерениям положения источника, ставшим возможными потому, что Луна изредка проходит прямо перед ним и момент его исчезновения был точно зафиксирован, удалось установить, что этим источником и является сама Крабовидная туманность. Как мы знаем, этот океан светящегося газа представляет собой оста-

ток колоссального взрыва сверхновой звезды, наблюдавшейся в 1054 г.

Были найдены два других источника рентгеновских лучей, которые находятся примерно в направлении двух других остатков сверхновых звезд. Поэтому мы знаем, что по крайней мере несколько источников рентгеновских лучей — это, по-видимому, остатки прошлых взрывов сверхновых звезд, и рентгеновское излучение от них, возможно, имеет синхротронную природу, так же как и их радиоизлучение.

Очень немногие (вероятно, всего два) из новых источников рентгеновских лучей расположены в том же направлении, что и две радиогалактики; есть все основания полагать, что эти источники можно безошибочно ассоциировать с взрывающимися галактиками. Но большинство источников расположено не там, где находятся известные остатки сверхновых или взрывающиеся галактики. Наоборот, представляется, что они тяготеют к местам нахождения слабых звезд со странными свойствами. Лишь две такие звезды надежно отождествляются с источниками рентгеновского излучения. Другие источники все еще не удается отождествить с какими-либо объектами, так как эксперименты на ракетах не позволяют точно определить их положение. Для многих источников рентгеновского излучения существует множество звезд, которые, по всей вероятности, можно с ними отождествить.

Одним из примеров точного отождествления может служить первый источник рентгеновского излучения, открытый в созвездии Скорпиона. ScoX-1 (таково обозначение рентгеновской звезды в Скорпионе) с самого начала оказался замечательным объектом. Как только астрономы — исследователи рентгеновского излучения точно определяли его положение, они сообщили об этом астрономам, работающим с оптическими инструментами, предупредив, что в этой точке следует ожидать чего-то необычного. Первыми открыли точно на ожидаемом месте звезду ожидаемой яркости наблюдатели в Калифорнии и в Японии. Они обнаружили, что у нее очень странный цвет и совершенно необычный спектр. Когда Алан Сэндидж, пользовавшийся большими телескопами обсерваторий Маунт Вилсон и Паломар, впервые точно установил положение этой звезды, он был чрезвычайно поражен тем, что она оказалась переменной. Эта звезда неправильным образом меняла свой блеск прямо у него на глазах, т. е. с ней происходило то, чего

не бывает с нормальными звездами, даже с обычными переменными.

Астрономы — исследователи рентгеновского излучения знали также, что источник Sco X-1 меняет свою интенсивность в рентгеновских лучах, и были сделаны попытки проверить, не происходит ли это изменение в унисон с изменением оптического блеска. Несколько учеников Калифорнийского университета расположились на станции запуска ракет на острове Кауаи (Гавайские острова), ожидая сообщений обсерватории Церро Тоболо в Чили через Таксон (Аризона). Когда астроном увидел в чилийский телескоп, что источник Sco X-1 внезапно вспыхнул до максимального блеска, он по радиотелефону связался с Таксоном, а оттуда его сообщение было немедленно передано по телефону на Гавайские острова. Через несколько минут для наблюдения этого источника была запущена ракета. Ко всеобщему удивлению, оказалось, что интенсивность рентгеновского излучения была ниже в период повышенного оптического блеска. Но когда астроном у оптического телескопа определил цвет звезды, по которому вычисляют ее температуру, оказалось, что звезда стала холоднее, чем прежде, и что ее температура составляет «только» около 40 000 000 градусов. Дальнейшее осложнение, еще больше усугубляющее тайну этого источника, состоит в том, что он, по-видимому, меняет свое движение за очень короткое время. Эти изменения обнаруживаются с помощью оптического телескопа по смещению спектральных линий его излучения. Скорость по отношению к Земле изменяется в течение нескольких минут примерно на 100 километров в секунду, сначала в одну сторону, а затем в другую. По-видимому, это происходит потому, что источник Sco X-1 представляет собой двойную звезду, обе составляющие которой очень быстро вращаются друг вокруг друга. Иногда мы видим, как в процессе этого движения звезда движется на нас, а иногда — от нас. Эта мысль подтверждается наблюдением спектральных линий, когда линии, по всей вероятности принадлежащие одной звезде, свидетельствуют о движении от нас, а одновременно другие линии (принадлежащие другой звезде) указывают на движение к нам. Является ли этот объект двойной звездой — вопрос очень важный; не ответив на него, мы не сможем по-настоящему понять, какой же таинственный механизм вызывает столь интенсивное рентгеновское излучение того или иного источника.

Что вызывает рентгеновское излучение?

По поводу механизмов, способных создать источник рентгеновского излучения, высказывалось несколько предположений. Одно из первых и наиболее интересных предположений состояло в том, что по крайней мере некоторые из этих объектов являются нейтронными звездами. Нейтронная звезда представляет собой слабый, но массивный объект, который сжался до такой степени, что атомы, составлявшие его до коллапса, подверглись фантастическому давлению и разрушились, так что вещества в форме атомов не сохранилось. Осталась лишь масса плотноупакованных нейтронов. Ядерная физика предсказывает, что нейтронные звезды могут образовываться, причем они должны быть весьма устойчивыми. Температура в их центре должна достигать примерно миллиарда градусов, а плотности настолько высоки, что, хотя массы этих объектов составляют около половины массы Солнца, диаметры их не превышают 15 километров.

На поверхности этих мелких, но чрезвычайно массивных объектов должна существовать атмосфера из электронов. Температура этой атмосферы достигает примерно 10 000 000 градусов, т.е. гораздо ниже, чем в центре звезды, где она близка к миллиарду градусов. Физики считают, что большая часть излучения такой звезды должна испускаться в рентгеновской области спектра, так что, если мы попытаемся найти подобную звезду, нам придется искать источник рентгеновского излучения. Считают, что по крайней мере один слабый источник рентгеновского излучения, пульсар NP 0532 (гл. 6), по всей вероятности, является нейтронной звездой.

Другое возможное объяснение сходно с объяснением природы радиогалактик и остатков сверхновых: рентгеновские лучи порождаются синхротронным излучением. Опять-таки по крайней мере один источник рентгеновского излучения, если не больше, совпадает, по-видимому, с хорошо известными остатками сверхновых, которые действительно испускают синхротронное излучение в других длинах волн. Это серьезное подтверждение того, что рентгеновское излучение может возникать и таким способом.

Одна из наиболее интересных теорий была предложена для объяснения природы самого яркого источника рентгеновского излучения, Sco X-1, который хорошо виден оптически. Ученые построили модель, которая может объяснить этот странный

объект. Они выяснили, что, если две чрезвычайно маленькие и очень массивные звезды, подобные белым карликам, быстро обращаются друг вокруг друга (а мы полагаем, что в данном случае дело обстоит именно так), будет возникать рентгеновское излучение, если эта двойная звезда погружена в окружающую плазму.

Плазма представляет собой просто облако заряженных — положительных и отрицательных — частиц. Чтобы подобное облако испускало рентгеновские лучи, оно должно быть очень горячим. Физики полагают, что в этой плазме существует очень сильное магнитное поле, и считают весьма возможным, что эти два маленьких тяжелых горячих белых карлика, быстро обращающиеся в плазме друг вокруг друга, вырабатывают энергию и «накачивают» ее в плазму, сохраняя в ней таким образом очень высокую температуру.

Эта модель до сих пор еще весьма несовершенна, но представляет собой многообещающий шаг на пути к постепенному пониманию природы рентгеновских звезд.

12. Ускользающие гамма-лучи

Из всех новых отраслей науки о Вселенной медленнее всего развивается, пожалуй, астрономия гамма-лучей. Многолетняя работа и дорогое гигантское по размерам оборудование до сих пор дали мало результатов: никаких новых объектов, никаких крупных сюрпризов и очень мало измерений. Но астрономы, исследующие гамма-лучи, считают, что они находятся на пороге больших успехов. Не пройдет и нескольких лет, как выведенные на орбиту чувствительные к гамма-лучам телескопы почти наверняка приведут нас к важным открытиям.

Что такое гамма-лучи?

Гамма-лучи подобны рентгеновским лучам, но они имеют меньшую длину волны и значительно более высокую энергию. Самые большие длины волн гамма-лучей в 10 000 000 раз короче длины волны света.

Гамма-лучи возникают несколькими путями, но при этом всегда участвуют ядерные частицы высоких энергий. Например, одним из источников является самопроизвольный распад маленькой частицы, называемой π_0 -мезоном. Этот крошечный объект может существовать около $1/10\,000\,000\,000\,000\,000$ доли секунды, а затем он распадается на частицы с меньшей массой и гамма-лучи. Упомянутые π_0 -мезоны представляют собой редкие частицы, возникающие лишь в результате таких событий, как ядерные столкновения. Поэтому мы обнаруживаем гамма-излучение только таких объектов, как сверхновые звезды или вспышки на Солнце, которые достаточно мощны, чтобы создать необходимые высокие энергии.

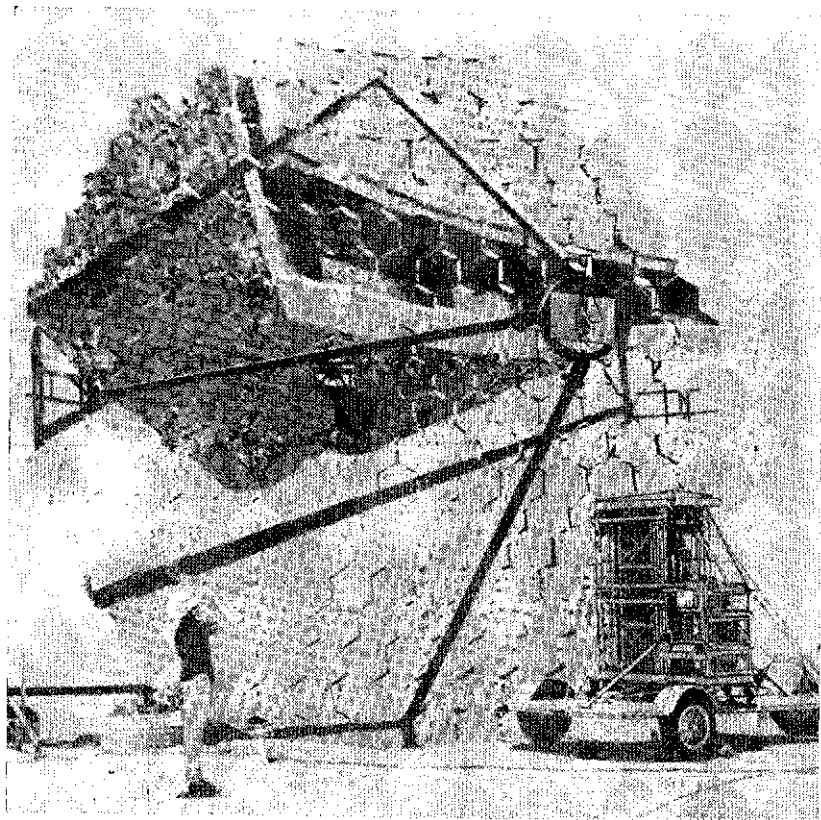


Рис. 38. Этот 10-метровый рефлектор для гамма-лучевой астрономии установлен около Таксона, Аризона. Он представляет собой мозаику из 252 отдельных зеркал, в которых отражается расположенная псевдаске горная вершина (переверните фотографию вверх ногами). Зеркала собраны в виде вогнутого блюда, напоминая радиотелескоп. Инструмент используется для поисков на небе источников гамма-лучей.

Хотя большая часть гамма-лучей поглощается земной атмосферой, часть из них проникает достаточно глубоко, чтобы их можно было обнаружить с высотных баллонов. Большинство баллонов, используемых в науке, поднимается примерно до высоты в 30 километров, но, применяя гигантские баллоны, наполненные миллионами кубических метров гелия, ученые могут

поднять свои телескопы, регистрирующие гамма-лучи, на высоту свыше 40 километров, т. е. достаточно высоко, чтобы обнаружить самые яркие источники гамма-лучей. Почти все первые наблюдения были сделаны с помощью таких баллонов, а не искусственных спутников и ракет, потому что сложное и тяжелое оборудование, необходимое для обнаружения космических гамма-лучей, до последнего времени было слишком громоздким и его невозможно было установить на ракете или среднем по размерам искусственном спутнике. Слабые сигналы гамма-лучей некоторых длин волн могут быть обнаружены обсерваториями, расположенными высоко в горах. Так, Смитсоновская астрофизическая обсерватория (США) построила большой телескоп для приема гамма-лучей на вершине Маунт-Хоккинс в Южной Аризоне.

Большинство первых исследований космических гамма-лучей было произведено с помощью целого комплекса сложных физических приборов, установленных в гондоле, подвешенной к гигантскому баллону. Они составили как бы летающую физическую лабораторию со счетчиками Черенкова, сцинтилляционными счетчиками, ионизационными камерами и другим сложным оборудованием.

Баллоны над Техасом

Вот как это происходит. Группа ученых тратит месяцы, возможно — год, на подготовку своего оборудования для обнаружения гамма-лучей. Они его тщательно испытывают, проверяют его действие при самых различных температурах и в вакууме, а затем аккуратно монтируют в раме, которая должна защитить приборы во время приземления. Подготовив все это, они везут аппаратуру на станцию запуска баллонов, часто на ту, которая расположена около Палестайна (Техас) и принадлежит Национальному центру атмосферных исследований. Там проводятся новые испытания для проверки соединений между гондолой и баллоном, для проверки наводящего устройства и всего телеметрического оборудования, используемого для передачи на Землю по радио результатов измерений, а также сведений о состоянии приборов и баллона.

Наконец наступает день запуска. До рассвета стартовая команда раскладывает ненадутый баллон, причем гондола со всем ее комплексом приборов устанавливается на специальном

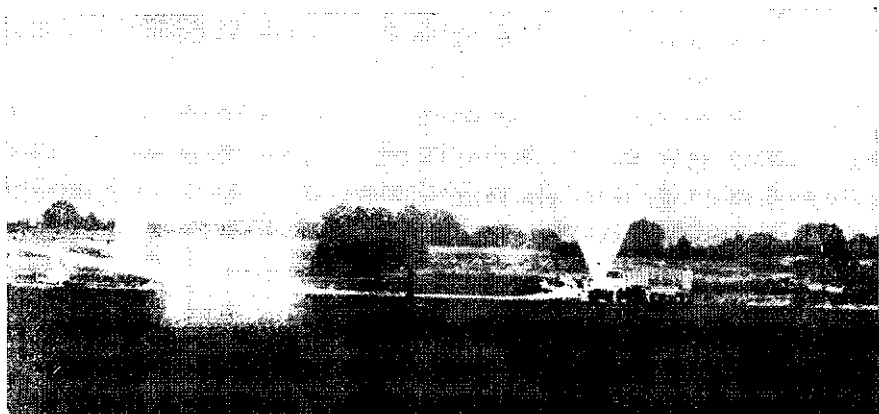


Рис. 39. 75-метровый полистиленовый баллон наполняется гелием на Национальном полигоне для запуска баллонов в Палестайне, Техас. До окончательного наполнения большая часть баллона лежит на земле. Баллон поднимает искровую камеру для обнаружения гамма-лучей.

грузовике. Все это занимает сотни метров взлетной дорожки. По мере того как небо светлеет, заправщик начинает накачивать в баллон гелий — около 300 000 кубических метров.

Постепенно наполняясь, верхняя часть большого мешка поднимается над землей. Мешок становится все выше и выше, пока он не поднимется над дорожкой на высоту больше 10-этажного здания, еще касаясь взлетной дорожки своим нижним концом. Наступает момент пуска, и вся команда застывает в ожидании.

В зависимости от направления ветра непосредственно над баллоном запуск может и не удалиться из-за того, что баллон будет падать то в одну, то в другую сторону до полного отрыва gondoly от земли. Тонкие и дорогие инструменты потянет по земле, они будут трястись, подвергаться ударам и могут разрушиться. Поэтому грузовик, на котором установлена gondola, должен вслед за поднимающимся баллоном двигаться назад и вперед, чтобы находиться точно под ним, когда канаты натянутся и приборы начнут подниматься.

Летом запуск производится примерно в 5 часов утра. Баллон поднимается медленно и достигает своей максимальной высоты часов в 8; в это время посылаются радиокоманды, прика-

зываются аппаратуре пачать измерения. По мере получения результаты передаются на землю по радио. Во время всего полета под баллоном, пролетая взад и вперед километров по 30, летает небольшой самолет, который пытается постоянно держать баллон в поле зрения и не упустить начало спуска. Часов через семь, в 3 часа дня, может быть дана команда спускаться. Обычно гондола отделяется от баллона небольшим взрывом, который разрывает канат. Тут открывается парашют,

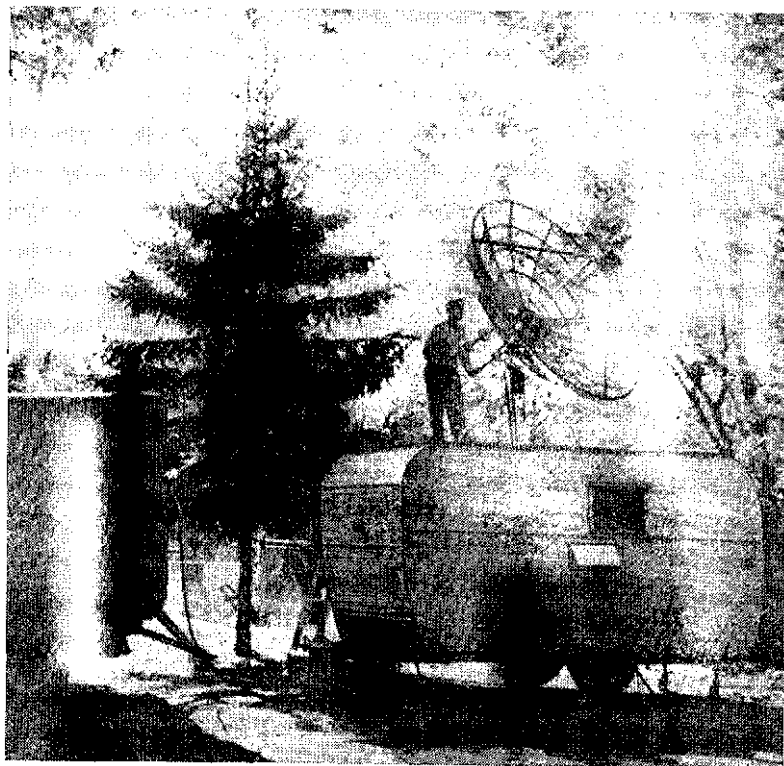


Рис. 40. Этот портативный приемник управляет полетом приборов для гамма-лучевой астрономии, установленных на баллоне, и держит их в поле зрения. Информация (в том числе телевизионные изображения искровых камер) передается на эту установку во время полета по телеметрическим каналам связи.

и приборы медленно и бережно спускаются на землю, обычно где-нибудь в штатах Алабама или Джорджия. Часто самолет обнаруживает гондолу, но если небо покрыто облаками или если она не видна по какой-то другой причине, ее все равно найдут до наступления темноты по радиосигналам передатчика. Гондола может приземлиться в лесу. Тогда к ней нельзя будет добраться на грузовиках до следующего дня, но самолет, возможно, уже запеленговал ее и точно определил ее положение. Если что-нибудь выйдет из строя и контакт с гондолой будет потерян, самолет станет искать ее, пока не найдет, хотя бы это заняло много дней, потому что приборы, используемые для телескопов гамма-лучей, чрезвычайно дороги и их трудно собрать заново. Как последнее средство на гондole всегда имеется специальный знак, объясняющий, что это такое, и призывающий нашедшего уведомить об ее местонахождении ученых.

Вернув все приборы в лабораторию и разложив перед собой результаты измерений гамма-лучей, ученые расшифровывают сигналы и сообщают всему миру о своих открытиях. Предположим, они обнаружили гамма-лучи, идущие от Крабовидной туманности или от какого-либо другого необычного объекта. Возможно также, что они ничего не обнаружат, и окажется, что телескоп гамма-лучей был направлен в «пустую» область неба. В любом случае эти данные окажутся важным шагом вперед на пути создания новой отрасли астрономии, о которой безусловно никогда не мечтали ни Коперник, ни Галилей.

13. Нейтрино и коллапс звезд

Иногда ученые вынуждены прибегать к догадкам. Такой догадкой были нейтрино, существование которых заподозрил физик Вольфганг Паули в 1930 г. Удобно устроившись в кресле, он размышлял над неразберихой, господствовавшей тогда в физике элементарных частиц, и ему пришла в голову мысль о частицах с очень малой массой или вообще лишенных ее, которые могли бы внести ясность в эту путаницу. Много лет спустя такие частицы были открыты, так что эта догадка оказалась правильной.

Паули высказал предположение о существовании нейтрино потому, что не видел никакого другого разумного пути для объяснения процесса, который физики называют «бета-распадом». Иногда нейтрон, нейтральная частица, входящая в состав атомного ядра, распадается на протон (положительно заряженная частица) и электрон (отрицательно заряженная частица). Поскольку заряд протона равен заряду электрона, заряд сохраняется, т. е. он один и тот же до и после распада. Это можно записать следующим образом: $n^0 \rightarrow p^+ + e^-$. Но в 1930 г. физики также измерили собственный момент количества движения этих частиц, так называемый «спин», причем эта величина не сохранялась. У электрона и протона вместе спин вдвое больше, чем у нейтрона. Как же это может быть? Это казалось совершенно необъяснимым до тех пор, пока Паули не предположил существования третьей частицы, также образующейся во время распада, — частицы, которая имеет спин противоположного знака и обеспечивает сохранение равенства. Все это можно записать так:

$$\text{Неравенство спинов: } n(\uparrow) \rightarrow p(\uparrow) + e(\downarrow)$$

Равенство спинов: $n(\bar{\nu}) \rightarrow p(\bar{\nu}) + e(\bar{\nu}) + \text{Нейтрино}(\bar{\nu})$

Так как масса и энергия протона и электрона точно соответствуют значениям этих величин у нейтрона, Паули заявил, что нейтрино не могут иметь сколько-нибудь значительной массы. Теперь мы считаем, что у нейтрино в состоянии покоя масса равна нулю. Лишь благодаря движению они приобретают массу m , поскольку, в силу формулы Эйнштейна, они обладают энергией E :

$$E = mc^2, \text{ или } m = E/c^2.$$

В связи с тем что масса нейтрино ничтожно мала, они проходят почти сквозь любой объект, никак не взаимодействуя с ним. Поэтому-то потребовалось столько лет поисков, прежде чем они были наконец обнаружены и существование их доказано. В среднем нейтрино может пролетать без остановки сквозь слой железа толщиной в 1000 световых лет.

Нейтрино в астрономии

Едва возникнув, нейтрино летят в каком-либо направлении, практически никогда более не вступая в контакт ни с каким объектом. Присущая им энергия улетает вместе с ними и никогда ничему другому не передается. Таким образом во Вселенной происходит утечка энергии в бездонный океан потерянных нейтрино, и общая энергия ее постепенно уменьшается.

Звезды также теряют энергию из-за потери нейтрино. Вблизи центров звезд температура так высока (много миллионов градусов), что там непрерывно происходят ядерные реакции, подобные тем, которые характерны для водородной бомбы. Во время некоторых таких реакций возникают нейтрино, и так как звезды ничтожно малы, чтобы их остановить, нейтрино улетают из недр звезд и никогда не возвращаются. Они уносят часть общей энергии звезды, сокращая время ее существования, в результате чего в конце концов происходит сжатие звезды — гравитационный коллапс.

Проблема испускания звездами нейтрино пока изучена не во всех подробностях; физики все еще пытаются более точно разобраться в том, как ведут себя нейтрино и почему. Экзоти-



Рис. 41. Физик Вольфганг Паули за работой. Паули высказал предположение о существовании нейтрино задолго до экспериментального открытия этой частицы.

чески звучащие названия типа «урка-процесс», «тормозное излучение» и «взаимная аннигиляция» — вот те процессы, в которых при определенных условиях образуются нейтрино.

Рассмотрим, например, центр очень горячей звезды с температурой свыше миллиарда градусов. В этих условиях самым эффективным процессом образования нейтрино является взаимная аннигиляция. Столкновение обычного отрицательного электрона с положительным позитроном (образующимся при некоторых ядерных реакциях в звезде) может привести к полной аннигиляции обоих. На их месте возникают два нейтрино, которые улетают, унося с собой энергию пары электронов. В большой горячей звезде этот процесс может привести к тому, что нейтринная «слетимость» ее будет в миллион миллионов раз превышать светимость Солнца в обычных лучах. Если бы в недрах Солнца на самом деле шел такой процесс (а он там безусловно не идет), мы на Земле подверглись бы такой

интенсивной бомбардировке нейтрино, что, несмотря на их ничтожно малые размеры, испытали бы избыток нейтринной радиации уже через каких-нибудь 20 часов.

Мы начинаем по-настоящему оценивать роль нейтрино в астрономии лишь теперь. Нам предстоит проделать большую работу, прежде чем мы поймем, насколько они важны, но уже и сейчас ясно, что эти ускользающие частицы связаны с ускорением эволюции звезды и с приближением ее к финальному коллапсу.

14. Частицы из космоса

Много лет назад физики-атомники обнаружили, что из космоса на Землю приходит проникающее излучение. Позднее было открыто, что это космическое излучение состоит из мельчайших атомных частиц, большей частью электронов и протонов, а также более тяжелых частиц, например ядер углерода, железа и других элементов. Частицы, составляющие большую часть космических лучей, движутся так быстро, что проходят почти сквозь все, в том числе сквозь эту книгу, вас и даже в некоторых случаях сквозь всю Землю. Кроме частиц, в состав космических лучей входят гамма-лучи с очень короткой длиной волны.

Следы космических лучей

Как обнаруживаются и исследуются космические лучи? Для этой цели было предложено много устройств. Некоторые из них большие — величиной с дом, а другие — совсем маленькие, со спичечную коробку.

Самый простой и легкий метод — запечатлеть их на фотографии. Так как космические лучи — это большей частью заряженные частицы, то они, проходя сквозь фотографическую эмульсию, возбуждают ее атомы. Возбужденные атомы взаимодействуют с эмульсией так же, как если бы ее выставили на свет, и поэтому, когда пленка проявлена, на ней видны линии, показывающие путь каждой космической частицы. При этом используются очень толстые слои эмульсии, часто в несколько сантиметров толщиной, с тем, чтобы можно было проследить за космической частицей на возможно большем участке ее пути. По ширине следа можно определить заряд частицы и принал

лежкость ее к тому или иному элементу. Расположение отдельных точек, составляющих любой отдельный след, характеризует скорость частицы.

Часто с помощью ядерной эмульсии или какого-нибудь другого устройства для обнаружения космических лучей удается заметить, как космическая частица сталкивается с атомом на ее пути. Поскольку энергия космических лучей колоссальна, такое столкновение обычно приводит к разрушению (распаду) ядра, причем осколки этого ядра разлетаются во всех направлениях. Образуется «звезда», имеющая на фотографии вид морской звезды с тонкими лучами.

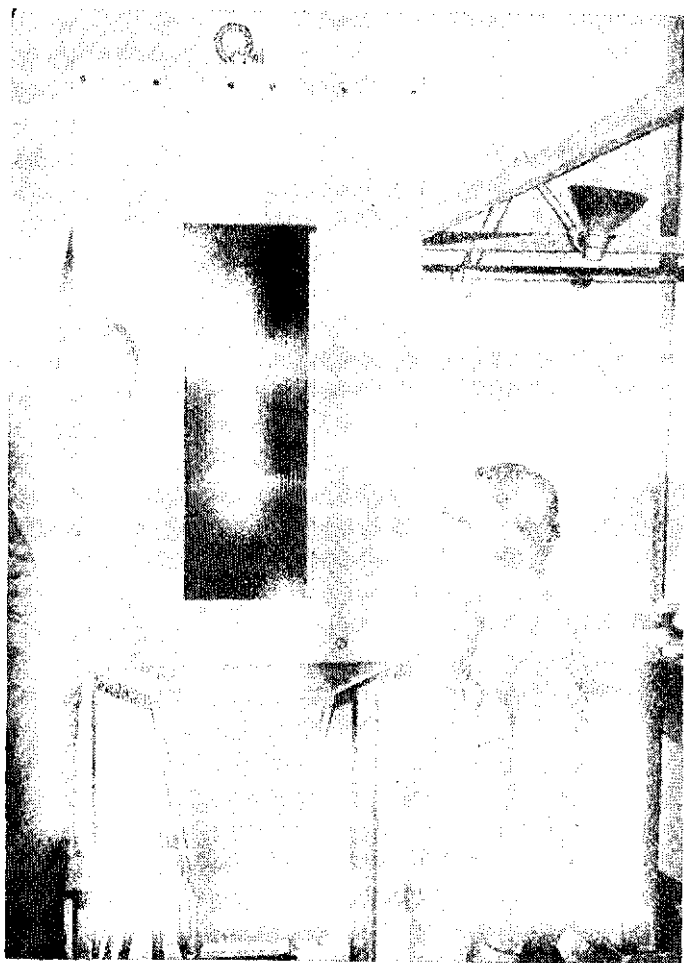
Так как большая часть космических лучей с малой энергией поглощается земной атмосферой, наблюдения, когда это только возможно, проводятся на больших высотах или в открытом космосе. Вершины гор, например горы Эванс в Скалистых горах Колорадо (высотой свыше 4000 метров), — излюбленные места расположения обсерваторий для исследования космических лучей. Еще лучшие данные приносят высотные баллоны, а в последнее время огромное количество информации было получено с помощью возвращаемых искусственных спутников Земли.

Даже современные реактивные лайнеры, летящие со скоростью свыше 900 километров в час, представляют собой удобные платформы для наблюдений. Это хорошо продемонстрировал один студент Вашингтонского университета, который выполнил курсовую работу по изучению нейтронов космических лучей, прося всех своих знакомых, летевших на лайнерах в далекие рейсы, захватить с собой несколько специально подготовленных для эксперимента пластинок с ядерной эмульсией. В результате была получена новая фундаментальная информация о космических нейтронах.

Миллиард миллиардов электронвольт

Электронвольт — малая единица энергии, равная энергии электрона, прошедшего разность потенциалов в один вольт. Таким образом, если электрон поместить в электрическое поле с напряжением в 1000 вольт, он приобретет энергию в 1000 электронвольт.

Космические лучи обладают настолько большой энергией, что она измеряется миллиардами электронвольт. Наиболее



Р и с. 42. Сет Неддермейер (*справа*) и Питер Коцер работают с одним из многих инструментов, используемых физиками для изучения космических лучей. Это часть камеры Лаборатории космических лучей Вашингтонского университета. В ней мюоны отделяются от других компонент космических лучей.

мощные из них несут энергию до миллиарда миллиардов электронов-вольт. Эти высокие энергии представляют собой одну из крупнейших загадок космических лучей, так как нельзя представить себе ни одного обычного процесса, которым бы можно было их объяснить. Многие годы источник космических лучей также оставался совершенно таинственным. Лишь в последнее время открытия в других отраслях астрономии пролили некоторый свет на эту загадку, как мы увидим ниже.

Другой любопытной особенностью космического излучения является то, что оно приходит к нам почти равномерно со всех направлений. По-видимому, только наше Солнце является их обнаружимым источником (да и то для лучей низких энергий, возникающих во время солнечных вспышек). Все космические лучи высоких энергий изотропны, т. е. они поступают равномерно со всех направлений неба, не давая никаких указаний на местоположение их источника или источников. Независимо от того, куда движется Земля, и независимо от того, в каком месте орбиты она находится, интенсивность космических лучей одна и та же. У нас есть даже древние свидетельства того, что так было в течение тысяч лет, а метеориты подтверждают, что такое же положение существует в различных местах Солнечной системы. Мы купаемся в потоке частиц, которые приходят к нам отовсюду.

Дешевая высокая энергия

Не все ученые, изучающие космические лучи, интересуются вопросами, откуда они приходят и почему. Многие исследователи космических лучей используют их как весьма дешевые зонды высоких энергий для излучения ядер. Там, где другие физики тратят миллионы долларов и годы труда на строительство гигантских устройств для ускорения ядерных частиц до необходимых высоких энергий, физики, исследующие космические лучи, могут просто сидеть и ждать, пока природа пошлет им частицы высоких энергий требуемого типа. Конечно, такой эксперимент куда труднее контролировать, но при известном терпении можно узнать много важного.

В качестве примера того, как можно с успехом использовать космические лучи, я расскажу историю из личного опыта. Когда я учился в средней школе и только начал изучать физику, на летние каникулы я устроился работать в лабораторию

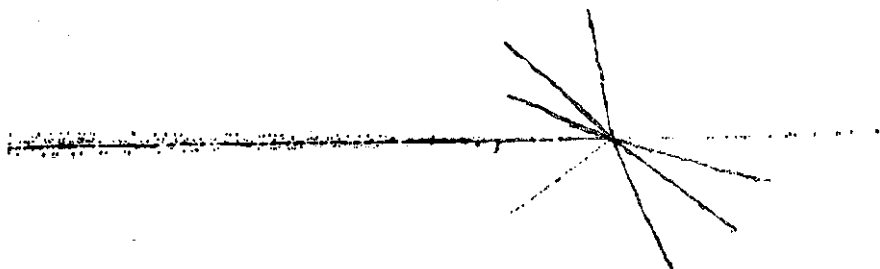


Рис. 43. Эта фотография показывает результат столкновения частицы космических лучей (в данном случае протона) с ядром атома фотографической эмульсии. Точки справа от «звезды» принадлежат вторгшемуся космическому протону, короткие лучи «звезды» представляют собой следы осколков ядра, в которое попал протон; узкий же пучок слабых следов, протянувшийся влево, был оставлен 24 нонами, возникшими в соответствии с уравнением Эйнштейна $E=mc^2$ из энергии протона.

известного физика, специалиста по космическим лучам, доктора Дж. Лорда. Мне вменялся в обязанность, в частности, просмотр под микроскопом ядерных эмульсий, экспонировавшихся на больших высотах с помощью баллона, и поиски определенного вида следов, например «звезд» космических лучей. Однажды я удивился, увидев совершенно необычное скопление следов. Быстрая частица, отождествленная доктором Лордом с очень высокоэнергичным протоном, вошла в эмульсию и столкнулась с другой частицей, причем образовался поток частиц в форме узкого конуса. То, что случилось, оказалось для меня весьма впечатляющим уроком теории относительности, ибо я наглядно видел превращение E в mc^2 . Влетевший протон столкнулся с находящимся в состоянии покоя протоном эмульсии, и энергия столкновения была настолько велика, что часть ее превратилась в массу 22 частиц, называемых мезонами, которые и образовали узкий конус следов. Такое драматическое подтверждение формулы Эйнштейна достаточно часто встречается в физике космических лучей.

Частицы из Крабовидной туманности?

Сейчас мы уверены в том, что космические лучи приходят к нам из источников различных типов, хотя непосредственно можем наблюдать их испускание лишь одним источником — Солнцем. Во время интенсивных солнечных вспышек

мы обнаруживаем увеличение потока космических лучей низких энергий, идущих, грубо говоря, от Солнца (они несколько отклоняются под влиянием магнитного поля Солнечной системы). Мы не «видим» никаких других источников, вероятно, потому, что их расстояния слишком велики и магнитные поля нашей Галактики отклонили частицы космических лучей в разные стороны до такой степени, что они вообще не приходят к нам из того направления, где находится их источник.

Самыми вероятными источниками космических лучей являются колоссальные взрывы во Вселенной, которые мы рассмотрели в других главах этой книги. Если наша Галактика в прошлом взрывалась как радиогалактика (а мы полагаем, что она взрывалась, и притом неоднократно), в то время могло возникнуть много космических лучей, которые сохранились в ней до сих пор. Хорошим потенциальным источником космических лучей оказываются сверхновые звезды, подобные образованной Крабовидную туманность, и даже обычные novas звезды. Так как Солнце во время вспышек испускает космические лучи, то их должны, по всей вероятности, испускать и другие звезды Галактики. Особенно перспективными в этом отношении являются некоторые особые типы звезд, например звезды с чрезвычайно горячей протяженной атмосферой и звезды с сильными магнитными полями. Кроме того, было доказано, что газовые облака, обладающие магнитными полями, способны разгонять медленные частицы до скоростей космических лучей. Интересно отметить, что если еще несколько лет назад мы не представляли себе реальных источников космических лучей, то в настоящее время найдено, что существует много таких источников и, по-видимому, все они вносят свой вклад в низвергающийся на нас поток частиц из космоса.

15. Астрономия на орбите

С успешным запуском первого советского искусственного спутника Земли 4 октября 1957 г. открылась новая область в астрономии. Космическая астрономия полностью использует колоссальные достижения техники, благодаря которым удалось совершить запуск искусственных спутников и космических ракет, увеличивая число этих искусственных астрономических тел с потрясающей быстротой. Еще 3 октября 1957 г. у Земли был один известный спутник (Луна), а лишь четыре года спустя, 3 октября 1961 г., по орбитам вокруг Земли двигалось 113 известных объектов. В их число входили 31 спутник с приборами на борту, одна кабина, 11 ракет и 69 различных металлических объектов («космический мусор»). Кроме того, вокруг Солнца двигались четыре искусственные планеты. К этой же дате еще 32 запущенных ранее и оборудованных приборами спутника уже сошли со своих орбит; некоторые из них имели на борту не только физические приборы, но и биологические объекты: растения, злаки, различных животных, в том числе мышей, обезьян, собак, кошек и цыплят. К настоящему времени почти невозможно определить, сколько объектов находится на орбитах из тех многих сотен ракет и спутников, которые были запущены.

Космические аппараты называют по общей серии одной и той же конструкции, к которой они принадлежат, например серия «Джемини», серия «Аполлон» и т. д. Они имеют также официальные обозначения, принятые во всем мире. Сначала стоит год запуска, затем число, указывающее на порядковый номер запуска и, наконец, буква, отмечающая определенный объект, если при одном запуске выведено на орбиту несколько объектов. Например, искусственный спутник 1965 22 A — это спутник «Восход-2», с которого был произведен первый выход

в космос. Это был главный объект, выведенный на орбиту во время 22-го запуска 1965 г. Еще один пример — объект 1964 65 A, который представлял собой космический корабль «Маринер-4», впоследствии близко подошедший к Марсу и передавший на Землю первые снимки планеты крупным планом, а теперь движущийся вокруг Солнца по эллиптической орбите.

Из многочисленных целей запуска искусственных спутников и космических кораблей мы отметим следующие: связь, наблюдения за поверхностью Земли (например, для получения синоптических данных), астрономические наблюдения и исследования космоса. Последние две цели составляют интересную новую отрасль космической астрономии.

Наблюдения с искусственных спутников

Астрономические наблюдения с земных обсерваторий ограничены атмосферой Земли по трем причинам. Во-первых, турбулентность атмосферы практически ограничивает размеры объектов, которые можно наблюдать в земные телескопы. Таким образом, обсерватория на борту искусственного спутника позволяет производить невозможные ранее наблюдения тонких деталей. К числу наиболее важных проблем, которые можно таким путем разрешить, относятся изучение отдельных деталей поверхностей планет, особенно Марса и Меркурия, исследование солнечной грануляции и других слабых деталей диска и края Солнца, определение точных диаметров и форм планет. Кроме того, мы можем надеяться определить орбиты очень близких двойных звезд, обращающихся друг вокруг друга, изучить тонкую структуру газовых облаков и измерить диаметры расширяющихся оболочек вокруг взорвавшихся звезд. Впервые мы сможем проводить измерения блеска звезд в густонаселенных районах неба, например в центрах богатых скоплений, и начать исследования размеров и природы ядер галактик. Мы, возможно, сумеем также различить по отдельности очень слабые звезды, особенно в других галактиках, где скученность звезд представляет собой серьезную проблему.

Поскольку сильная атмосферная турбулентность, вызывающая искажения изображений в земных телескопах, возникает в довольно низких слоях атмосферы, некоторые из этих трудностей могут быть и были преодолены с помощью телескопов, установленных на баллонах, поднимаемых на высоты примерно

до 30 километров. Другие проблемы требуют наблюдений за пределами атмосферы и должны проводиться либо с искусственных спутников, либо со станций, оборудованных на лишенных атмосферы небесных телах. Так как для всех этих проектов необходима высокая устойчивость телескопа или (во многих случаях) телескопы очень крупных размеров, существуют серьезные доводы в пользу наблюдений с очень больших естественных и искусственных тел. Из естественных тел, лишенных атмосферы, наиболее подходящим, пожалуй, является Луна из-за ее больших размеров, медленного вращения и доступности. Можно также планировать использование астероидов — множества «малых планет», снующих вокруг Солнца, но значительная часть из них бесполезна, так как они имеют периоды вращения всего в несколько часов, а орбиты их часто претерпевают сильные изменения. Все же большинство проблем, вероятно, можно решить с помощью искусственных космических станций, соответствующим образом стабилизированных на орбите вокруг нашей планеты.

Во-вторых, земная атмосфера ограничивает астрономические наблюдения, поглощая большую часть спектра электромагнитных волн. Атмосфера пропускает только узкую полосу волн видимого света и радиоволны длиной больше нескольких миллиметров. Большая часть инфракрасного излучения и почти все волны короче фиолетового света поглощаются воздушным «одеялом» и недоступны земному астроному. Вне атмосферы приборы могут исследовать практически весь спектр (за исключением тех его областей, которые поглощаются межпланетным или межзвездным газом). Сюда входят гамма-излучение, рентгеновские, ультрафиолетовые и инфракрасные лучи. Лишь немногое из того, что мы сейчас знаем об этих видах излучения далеких источников, можно было изучить, не прибегая к помощи ракет и искусственных спутников, с которыми тесно связано будущее космической астрономии.

В-третьих, ограничения накладываются относительной яркостью ночного неба. Например, 200-дюймовый рефлектор обсерватории Маунт Паломар достигает предела после 20-минутной экспозиции стандартной фотографической пластинки. Ее нельзя экспонировать дольше, потому что яркость ночного неба сильно вуалирует пластинку. Однако внеатмосферные телескопы смогут зарегистрировать более слабые источники, чем телескопы земные. На Луне, где нет атмосферного свечения ночного неба с телескопом тех же размеров, что и Паломарский,

можно было бы экспонировать пластинку значительно дольше и фотографировать куда более слабые объекты. На практике экспозиция, по-видимому, окажется несколько ограниченной тем, что межпланетное пространство освещено рядом источников, среди которых отраженный свет межпланетной пыли (паче более сильный вблизи Солнца), газовый хвост Земли, общий диффузный свет звезд нашей Галактики и фон далеких галактик.

Вне Солнечной системы мы ожидаем достигнуть еще большего, но пройдет много лет, прежде чем астрономы смогут начать наблюдения с помощью телескопов, установленных где-то между звездами.

Орбитальные обсерватории

Первыми космическими обсерваториями оказались Орбитальные астрономические обсерватории (ОАО) и Орбитальные солнечные обсерватории (ОСО). Первые из них представляют собой серию космических аппаратов, обращающихся по околоземным орбитам и несущих различные небольшие телескопы. Они по радио передают результаты наблюдений наземным станциям слежения за искусственными спутниками. Орбитальные солнечные обсерватории, появившиеся значительно раньше ОАО, несут специальные телескопы, предназначенные лишь для изучения интенсивного света Солнца. На борту станций того и другого типа космонавтов нет, а сами станции на Землю не возвращаются.

Наиболее интересные результаты первые ОСО дали о рентгеновском излучении Солнца. Большинство экспериментов на ОСО связано с исследованиями Солнца на коротких и длинных волнах, поглощаемых земной атмосферой и не достигающих до земной поверхности.

Космические обсерватории серии ОАО исследуют звезды и галактики на всех тех длинах волн, которые на Земле не регистрируются. Гамма-, рентгеновские, ультрафиолетовые, инфракрасные лучи и сверхдлинные радиоволны — все они являются объектом того или иного эксперимента на ОАО.

Астрономия на других спутниках

Даже в самом начале космической эры многие другие спутники внесли свой вклад в наши астрономические знания. Иногда были не так важны чисто научные цели, как более

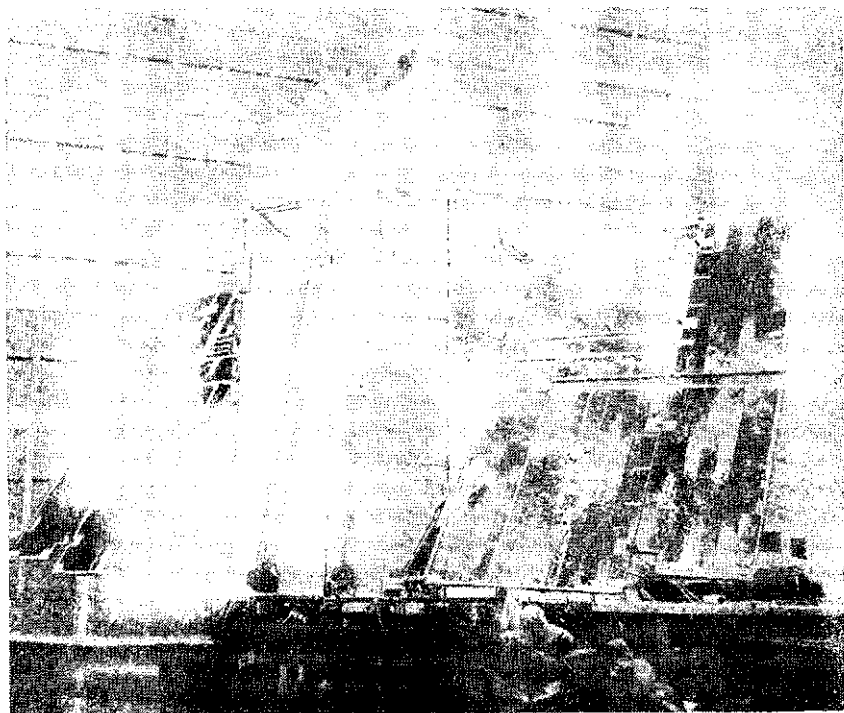


Рис. 44. Техническая проверка ОАО на мысе Кеннеди, Флорида. На ней установлено 14 телескопов, предназначенных для исследований Вселенной. Аппарат состоит из 328 000 отдельных частей и представляет собой один из наиболее тяжелых и насыщенных автоматикой искусственных спутников. «Крылья» превращают солнечный свет в электрическую энергию для питания различных приборов и передачи по радио данных на Землю.

практические задачи исследования безопасности пребывания человека в открытом космосе. Например, проверяя опасное воздействие космической пыли на запускаемые с Земли аппараты, спутники с большей, чем когда-либо ранее, точностью измеряли число встречающихся пылевых частиц и их размеры. Кроме того, испытывая вредное влияние радиации, первые спутники открыли радиационные пояса Земли. Они также позволили нарисовать картину того, как поток заряженных частиц от

Солнца — солнечный ветер — искажает магнитное поле Земли, образуя хвост, направленный в сторону, противоположную Солнцу.

Спутники с людьми на борту, предназначенные в основном для исследований и экспериментов, связанных с будущими космическими полетами человека, также проводили астрономи-



Р и с. 45. Зодиакальный свет, сфотографированный Питером Б. Хатчисоном (Гавайская обсерватория) в январе 1967 г. Это явление, трудно поддающееся фотографированию, было также зафиксировано на киноплёнке пилотами космического корабля. Зодиакальный свет имеет форму вытянутого полуэллипса и представляет собой отражение солнечного света от пыли, главным образом от метеорных частиц; ярче всего он в тропиках.

ческие наблюдения. Например, по поручению астрономов Миннесотского университета космонавты на спутнике «Джемини-5» снимали противосияние и зодиакальный свет. Эти явления чрезвычайно слабы и их трудно увидеть с Земли; оба они вызываются рассеянием солнечного света на мелких частицах пыли, находящихся между планетами.

Но самые интересные открытия космической астрономии еще впереди. Разрабатываются планы запуска на орбиту таких гигантских инструментов, как 200-дюймовый Паломарский телескоп. Эти огромные космические телескопы дадут нам фантастическую картину Вселенной, которая будет значительно полнее, чем все, что мы видели прежде. Астрономы, которых сейчас готовят к космическим полетам, будут, вероятно, одними из первых наблюдателей на этих огромных космических обсерваториях и проведут наблюдения, которые они никогда бы не могли осуществить с Земли. Они останутся на орбите с телескопом, живя либо внутри него, либо в отдельном присоединенном к нему космическом корабле. Астрономы пробудут там неделю, а может быть, и месяц, после чего вернутся на своем космическом корабле, переполненном новыми интересными данными. Обработка и осмысление всей информации, полученной в течение лишь одного такого полета, займут у них и у их коллег долгие годы.

Ясно, что когда такой дель наступит, главной заботой окажется то, что астрономы будут завалены обильными материалами и никогда не смогут идти в ногу с фантастической продуктивностью космических обсерваторий. Предвидя это время, университеты всего мира усиленно готовят астрономов. Поэтому в наши дни молодые люди, желающие стать астрономами, имеют возможность добиться успеха и прожить интересную жизнь, которая никогда не выпадала на долю наблюдателей неба в истории этой самой древней науки.

16. На Луне

В течение многих веков люди интересовались нашим спутником и размышляли о том, из чего же он состоит. Много лет назад детям говорили, что Луна сделана из зеленого сыра. Сегодня даже очень маленькие дети знают, что это не так. В 1967 г., когда космический аппарат «Сервейор» мягко опустился на Луну и произвел химический анализ ее поверхности, было надежно установлено, что лунная кора состоит из твердой породы, которая, как мы позже узнали, во многом отличается от земных пород.

В 60-х годах весь мир возбужденно шумел после завершения каждым новым лунным кораблем очередной блестящей операции. Больше всех волновались астрономы, исследующие Луну, потому что наконец осуществилась их мечта о посылке на Луну измерительных инструментов, а впоследствии и людей. Они предвидели постепенное раскрытие многовековых тайн, связанных с Луной, ее кратерами, ее «морями», ее историей и ее химическим составом.

Пролетающие ракеты

Первая ракета, прошедшая вблизи Луны, была запущена в январе 1959 г. в Советском Союзе. Она называлась «Луна-1» и прошла от Луны на расстоянии лишь около 6000 километров, после чего улетела дальше и стала первой искусственной планетой Солнечной системы. Несколько месяцев спустя, в сентябре, советская станция «Луна-3» облетела Луну и сфотографировала ее загадочную, ранее не наблюдавшуюся до того обратную сторону. Луна обращается вокруг Земли, повернувшись к нам всегда одной и той же стороной, так что это

был наш первый взгляд на ее невидимое полушарие. «Луна-3» произвела фотографирование 7 октября 1959 г., находясь на расстоянии примерно 70 000 километров от обратной стороны Луны, затем она автоматически проявила 35-миллиметровую пленку и передала снимки по радио на Землю.

После «Луны-3» мимо нашего естественного спутника пролетели еще пять лунных станций, в том числе две американские («Рейнджер-3» и «Рейнджер-5») и три советские («Луна-4», «Луна-6» и «Зонд-3»). «Зонд-3» получил больше фотографий обратной стороны Луны и лучшего качества, чем «Луна-3», и почти завершил картографирование этого невидимого района. С Земли мы можем видеть в разное время всего 59% лунной поверхности. «Луна-3» увеличила эту площадь до 87%, а «Зонд-3» сфотографировал почти все остальные 13%. Незначительная оставшаяся ненаблюдаемая область Луны была в конце концов рассмотрена во всех деталях станцией «Орбита-5» в 1967 г.

Жесткая посадка на Луну

Если космический аппарат сталкивается с Луной без предварительного торможения и при этом разрушается, то такая посадка называется жесткой. Неоднократно жесткая посадка осуществлялась преднамеренно, но часто это происходило случайно, когда не удавалось выполнить намеченного задания. С 1959 г., когда «Луна-2», первой совершившая жесткую посадку, разбилась о поверхность Луны, таких посадок всего произведено 11.

Главное значение станции «Луна-2» состоит в том, что это был первый построенный людьми аппарат, достигший Луны. Вторым совершив жесткую посадку «Рейнджер-4», разбившийся об обратную сторону Луны, после того как он сообщил на Землю данные о лунной радиоактивности. Следующим разбившимся объектом был «Рейнджер-6», с помощью которого удалось получить важные данные о массе Луны, в десять раз более точные, чем результаты, полученные до этого всеми известными методами.

Наиболее интересные результаты принес запуск трех последовательных аппаратов «Рейнджер» в 1964 и 1965 гг., совершивших жесткую посадку. Они передали на Землю первые по-настоящему хорошие детальные крупномасштабные фото-

графий лунной поверхности. На «Рейнджерах» было установлено шесть камер, непрерывно фотографировавших Луну в течение последних 15 минут полета. Они проявляли каждый снимок за несколько миллионных долей секунды, а затем $2\frac{1}{2}$ секунды передавали его на Землю. Во время этих трех успешных полетов «Рейнджеров» 7—9 на Землю было передано свыше 17 000 снимков Луны, причем некоторые были сделаны с такого близкого расстояния, что на них видны объекты размером меньше полуметра. Такие снимки по крайней мере в 1000 раз отчетливее лучших снимков, сделанных с земными телескопами.

Мягкая посадка

За посылкой ракет, разбиравшихся о поверхность Луны, последовало строительство аппарата, который мог при спуске затормозить свою скорость до такой степени, чтобы совершить мягкую посадку.

В феврале 1966 г. станция «Луна-9» успешно совершила мягкую посадку на поверхность Луны, опустившись на нее со скоростью примерно 30 километров в час, что само по себе довольно много, но не может вызвать разрушения станции. На ней были установлены химические батареи, энергии которых хватило на три дня работы, в течение которых было передано на Землю много прекрасных снимков лунного ландшафта. Станция прилунилась на плоской равнине, называемой Океаном Бурь (первые астрономы по ошибке приняли плоские лунные равнины за океаны), и с ее помощью были получены детальные фотографии окружающей местности — мрачной, мертвой и каменистой.

Четыре месяца спустя успешно совершила мягкую посадку первая американская станция «Сервейор-1». Она была больше «Луны-9» (290 и 90 килограммов соответственно) и использовала солнечные батареи вместо химических, так что могла работать несколько месяцев. Станция работала со 2 июня по 10 октября 1966 г. с перерывами на лунные ночи, и даже после этого ее время от времени включали, чтобы проверить ее состояние. В период выполнения основного задания она сделала свыше 11 000 снимков окружающей каменистой местности, а после захода Солнца фотографировала часть солнечной короны, звезды и планеты.



Рис. 46. Тема лунных исследований занимает многих карикатуристов. Этот рисунок изображает станцию «Сервейор-3» с механической лопатой.

В декабре 1966 г. в Советском Союзе была запущена «Луна-13» — третья станция, успешно совершившая мягкую посадку. Она опустилась недалеко от «Луны-9» и «Сервейора-1», понав в неглубокий кратер. Несколько месяцев спустя «Сервейор-3» опустился в подобный же кратер и его горизонт также определялся кромкой кратера. За шесть месяцев до этого разбился «Сервейор-2», при спуске «Сервейора-3» также возникли неполадки, в результате чего он двигался несколько боком к месту посадки. Из-за этого он дважды подпрыгнул, отскочив сначала на 20 метров, а затем еще на 10 метров от первоначальной точки прилунения. Несмотря на это станция работала превосходно, получив около 6000 фотографий кратера диаметром около 200 метров, в который она спустилась. Станция «Сервейор-3» была снабжена механическим совком, который

по команде с Земли зачерпнул темного лунного грунта и равномерно рассыпал его по одной из ножек аппарата, чтобы с Земли могли его рассмотреть.

В результате аварии при посадке станция «Сервейор-4» погибла, но программы «Сервейоров» 5—8 были успешно выполнены. «Сервейор-5» был первой станцией из этой серии, снабженной двумя устройствами для анализа лунного грунта. Одно из них представляло собой простой магнит, который опускался в грунт, а затем поднимался и рассматривался телевизионной камерой. Телевизионное изображение показало, что в грунте имеется магнитный материал. Сравнение с различными земными материалами выявило, что лунная пыль ведет себя очень сходно с распыленной вулканической породой, в частности с базальтом; это вулканический материал, весьма распространенный на Земле.

Более точные химические анализы были произведены с помощью второго, сложного устройства, которое бомбардировало лунную породу ядрами гелия, а затем анализировало возникающее излучение. Оба устройства свидетельствуют о том, что лунный грунт по составу очень похож на базальт, а по данным «Сервейоров», опустившихся в лунных морях — темных равнинных низменностях, — фактически почти одинаков. Но «Сервейор-7», прилунившийся на большей высоте в гористой местности вблизи гигантского кратера Тихо, дал несколько иной состав грунта — менее богатый железом и другими металлами.

Искусственные спутники Луны

Первым искусственным объектом, выведенным на орбиту вокруг Луны, был советский космический аппарат «Луна-10», запущенный в конце марта 1966 г. Вторым оказался американский аппарат «Орбитер-1», запущенный пять месяцев спустя. В течение последующих 12 месяцев были произведены успешные запуски еще двух советских и четырех американских искусственных спутников Луны.

Главной задачей американских аппаратов было получение подробных карт тех районов Луны, где могла бы произойти высадка человека. Станции «Орбитер» 1—3 полностью выполнили эту задачу. В этом отношении аппаратам «Орбитер-4» и «Орбитер-5» ничего не оставалось делать, и их решили использовать для составления полного и очень подробного лунного

атласа. «Орбита-4» полностью сфотографировал сторону Луны, обращенную к Земле, а «Орбита-5» — обратную сторону Луны. Полученный таким образом атлас Луны столь велик, что для хранения одного его экземпляра требуется целая комната. Много лет потребуются лучшим геологам для изучения этого атласа и извлечения из него всех важных научных данных. На фотографиях видны все детали лунной поверхности, по размерам превосходящие полсотни метров, в том числе около 30 миллионов кратеров.

Другой важной задачей станций «Орбита» было точное определение особенностей гравитационного поля Луны. Например, станция «Орбита-1» была сначала запущена на специальную орбиту, проходящую на расстоянии примерно 800 километров от поверхности Луны, где производилась регистрация всех изменений гравитационного поля. Затем, обработав все полученные со станции данные о гравитационном поле, ученые опустили ее примерно до высоты 40 километров над поверхностью Луны, располагая теперь всем необходимым для проведения этого маневра с полной безопасностью для станции. Наиболее интересным научным выводом, сделанным на основании этих исследований, был тот факт, что плотность пород, составляющих моря, отличается от плотности пород, составляющих горы и возвышенности. Обнаруженные этим способом концентрации массы, или «масконы», свидетельствуют о том, что даже глубоко в недрах Луны имеют место существенные и важные колебания в свойствах лунного вещества.

Пилотируемые полеты на Луну

Первый космический полет в район Луны с тремя американскими космонавтами на борту был успешно осуществлен в сочельник 1968 г. Космонавты совершили девять витков по орбите вокруг Луны, во время которых успешно фотографировали наш естественный спутник и Землю и передавали эти изображения вместе с устными комментариями в центр НАСА, а затем успешно возвратились на Землю. Хотя этот исторический полет в научном отношении не был так важен, как некоторые полеты без человека на борту, он проложил путь для выдающегося научного достижения, когда космонавты высадились на Луне, собрав образцы лунных пород, доставленные затем в земные лаборатории, а также другие данные.

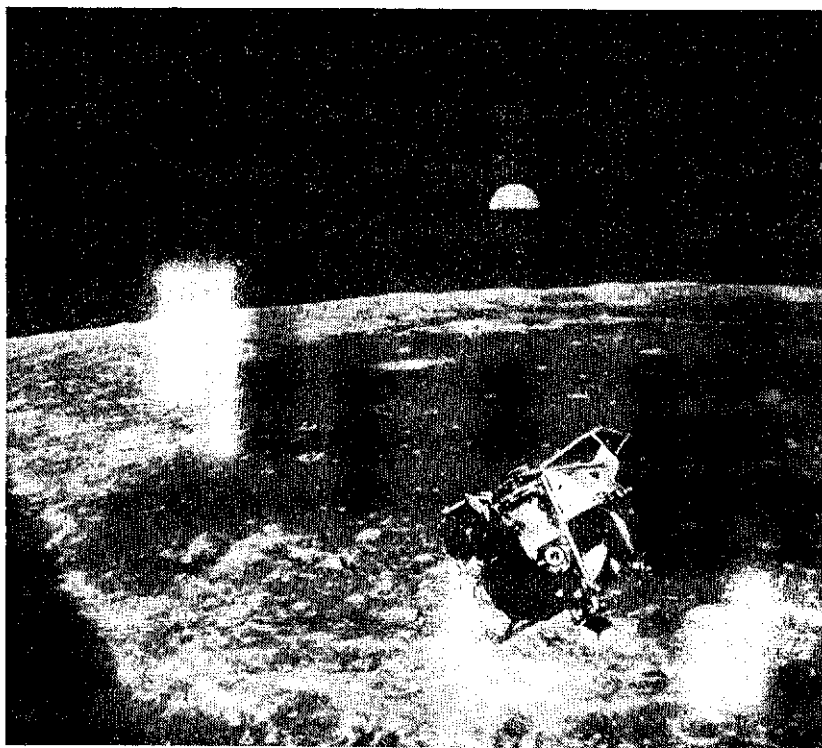


Рис. 47. Стадия подъема лунной кабины аппарата «Аполлон-11» после успешной посадки на поверхность Луны. Нижняя часть кабины осталась на Луне, послужив платформой для запуска. Фотография была сделана с командной кабины, когда лунная кабина приближалась к командной для стыковки. Над линией лунного горизонта видна восходящая Земля.

20 июля 1969 г. космонавты Нейл Армстронг, Эдвин Олдрин и Майкл Коллинз привели свой аппарат «Аполлон-11» к Луне, и Армстронг и Олдрин первыми из людей вышли на ее поверхность. Они возвратились на Землю 24 июля, оставив в Море Спокойствия аппаратуру для двух экспериментов: сейсмометр для измерения «лунотрясений» и лазерный отражатель, позволяющий измерить расстояние до Луны с точностью 15 сантиметров. При этом используется методика радиолокации, но вместо радиоволн применяется видимый свет, генерируемый

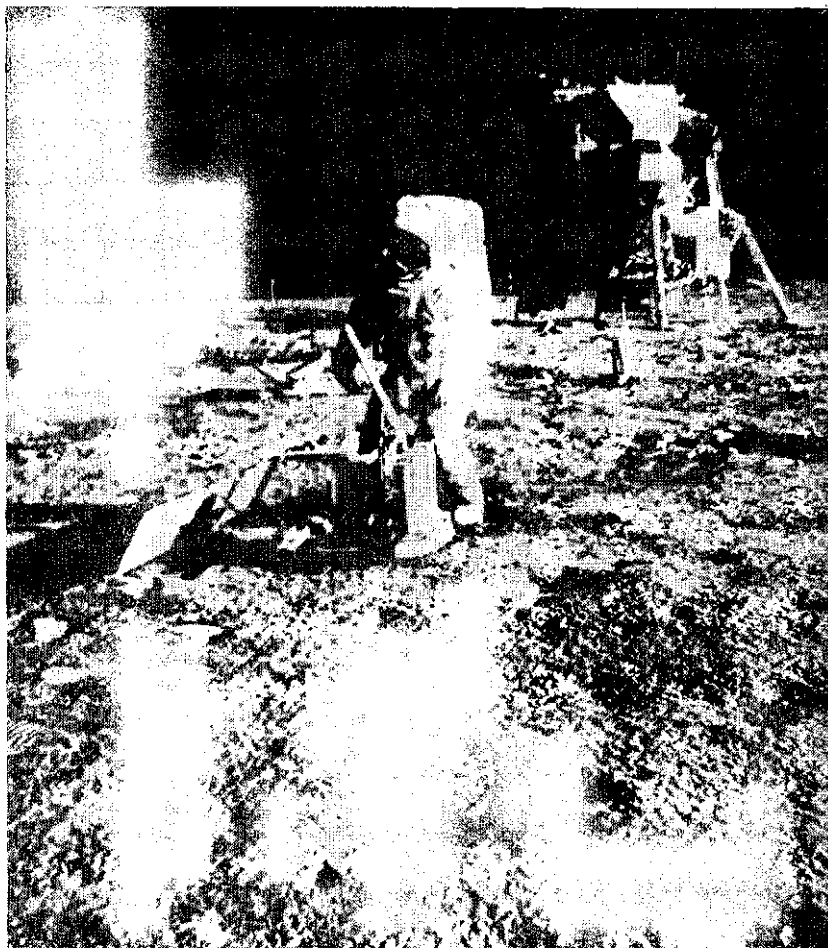


Рис. 48. Эдвин Олдрин устанавливает на поверхности Луны сейсмическую аппаратуру для регистрации и передачи по радио на Землю колебаний нашего спутника. Слева видна солнечная батарея для питания аппаратуры электроэнергией; через несколько минут еще одна батарея будет установлена справа. На заднем плане видна лунная кабина. Сделанные на Луне фотографии резко освещены и весьма контрастны, потому что там в отличие от Земли нет пыли и влаги и практически нет атмосферы, рассеивающей свет.

лазерами, установленными на больших оптических телескопах на Земле.

Наиболее важные научные эксперименты, ставшие возможными благодаря этому историческому полету, были проведены с многочисленными образцами лунной породы и пыли, доставленными космонавтами. При этом были впервые выявлены многие глубокие отличия лунных пород от земных: их древний возраст, уникальный химический состав, особенности, связанные с их образованием, и следы метеоритных ударов, а также таинственные стекловидные покрытия, окутывающие многие образцы. Дальнейшие полеты в другие районы Луны позволят еще лучше изучить долгую историю нашего естественного спутника.

17. Исследования планет

«Справа от самолета находится самая высокая гора Тихого океана, Мауна-Кеа, высотой свыше 4000 метров над уровнем моря. Когда мы будем пролетать над ее вершиной, вам будет хорошо видна новая обсерватория, выстроенная здесь для изучения планет». Так капитан гавайского воздушного лайнера объявляет своим пассажирам об одном из многочисленных новых астрономических учреждений, сооруженных для исследования естественных тел, обращающихся вокруг Солнца.

Для того чтобы систематически изучать условия на других планетах, НАСА финансировало строительство нескольких новых больших планетных телескопов. Один из них, 88-дюймовый телескоп Гавайского университета, был установлен на снежной вершине самого высокого потухшего вулкана Гавайских островов — Мауна-Кеа. С этой холодной и безжизненной горы астрономы лучше и чаще, чем из других мест, могут наблюдать планеты. Другой телескоп НАСА диаметром в 107 дюймов, третий в мире по величине, находится на вершине горы Локк в западном Техасе, где астрономы Техасского университета изучают проблемы, связанные с планетами. Необычный телескоп, дающий очень большие увеличения (для получения больших изображений планет), был сооружен в пустынных горах центральной области Чили. С его помощью астрономы Ловелловской обсерватории наблюдают за условиями на планетах, когда они видны на южном небе. Все эти новые телескопы, а также множество других необходимых для проведения с Земли фундаментальных исследований планет, которые уточняют и дополняют результаты, доставляемые космическими аппаратами непосредственно с тел Солнечной системы.

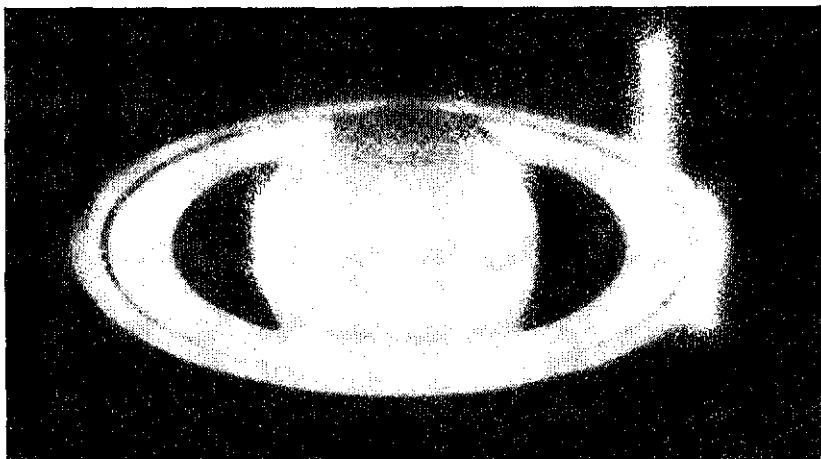


Рис. 49. Сатурн — одно из самых красивых тел, обращающихся вокруг Солнца. Сейчас в связи с созданием новых телескопов для исследования планет Сатурн наряду с другими планетами вновь наблюдается оптическими методами, которые должны дополнить данные космических аппаратов. Предполагают, что кольца в основном состоят из аммиачного льда.

Разреженная атмосфера Марса

Самая романтическая из планет — Марс, — вызвавшая много споров в связи с возможностью существования на ней жизни, в последнее время стала главным объектом тщательных исследований. Одним из наиболее важных современных результатов, полученных в этой области, оказалось то обстоятельство, что атмосфера Марса значительно разреженнее, чем предполагали прежде.

В числе первых, совершивших это открытие, был молодой калифорнийский астроном Хайрон Спиррад. Позже это открытие было многократно подтверждено, в том числе и данными первой автоматической станции, успешно запущенной к Марсу. Для получения детальных спектров планет Спиррад воспользовался большими земными телескопами. На этих спектрах он обнаружил темные линии, не принадлежащие Солнцу (свет Марса — это отраженный солнечный свет) и, следовательно,

образуемые газами марсианской атмосферы. Эти линии в основном принадлежали углекислому газу, присутствие которого было установлено уже довольно давно. Измеряя интенсивности различных линий, Спинрад смог оценить величину полного давления атмосферы у поверхности Марса, которая оказалась почти в 100 раз меньше давления земной атмосферы. Предшествующие измерения ошибочно указывали гораздо большее давление. Теперь благодаря измерениям, проведенным с Земли Спинрадом и другими, и измерению плотности, осуществленному станцией «Маринер-4», мы знаем, что у Марса действительно очень разреженная атмосфера.

Кратеры на Марсе

Пожалуй, наиболее эффектным результатом первых исследований Марса с помощью космического аппарата было обнаружение множества больших кратеров. Станция «Маринер-4», запущенная 28 ноября 1964 г., достигла окрестностей Марса семь с половиной месяцев спустя. Она сразу же получила серию из 21 телевизионного изображения части марсианской поверхности, которую позже передала по радио на Землю. Момент приема первых из этих изображений был весьма волнующим. Их показывали по телевидению и поместили на первых страницах газет. Но самые лучшие изображения были получены позже, при боковом освещении поверхности Марса солнечными лучами, когда тени делали ее рельефной. На этих фотографиях было видно много кратеров, имевших в поперечнике от 5 до 120 километров. Поскольку в этой области Марса стояла зима, некоторые возвышавшиеся валы кратеров были покрыты инеем. Тени показывали, что валы поднимались над окружающей равниной метров на сто.

Почему Марс, подобно Луне, покрыт кратерами? Это можно объяснить двумя обстоятельствами: прежде всего такие кратеры возникли в результате столкновения с метеоритами; на Марсе больше кратеров, чем на Земле, потому что он ближе расположен к поясу астероидов, источнику метеоритов. Более важным фактором является то, что разреженная атмосфера и скудность водных ресурсов на планете приводят к очень медленной эрозии поверхности. Марсианским кратерам в среднем несколько миллионов лет, а метеоритные кратеры на Земле из-за атмосферных условий едва сохраняются несколько тысяч



Рис. 50. Эта фотография поверхности Марса представляет собой одну из многих исторических фотографий, полученных станцией «Маринер-4» в марте 1965 г. и переданных по радио на Землю (север — вверх). На фотографии видна область поверхности протяженностью 240 километров с севера на юг и 270 километров с востока на запад. Радиосигналы, несущие изображение, после приема поступали в вычислительную машину, которая воспроизводила их в виде фотографии, усиливая контраст; сетчатость — результат этого процесса.

лет. На Луне, где фактически вообще нет атмосферы, кратеры сохраняются миллиард и более лет.

Марсианские кратеры, а также новая точка зрения на лунные кратеры вновь вызвали интерес к подобным же образованиям на Земле, возникшим в результате падений метеоритов. Астрономы, геологи и физики бросались заново изучать почти 200 известных земных метеоритных кратеров, чтобы более точно выявить, как в результате взрыва образуются эти объекты.

Из-за того, что во влажных местах эрозия протекает быстрее, многие крупные метеоритные кратеры на Земле находят лишь в пустыне. Например, в Северной Аризоне обнаружен кратер поперечником почти 1,5 километра, а несколько меньший кратер — около Одессы (Техас). Замечательная группа из 15 кратеров расположена в красной пустыне Центральной Австралии, а в Аргентине имеется цепочка метеоритных кратеров. Несколько самых крупных кратеров известно в Северной Канаде; они часто имеют вид озер, имеющих 15 и более километров в поперечнике. Это следы метеоритных ударов, оставшиеся на древней скалистой платформе, называемой Канадским щитом. Для новых исследований этих интересных объектов, а также других кратеров на Аравийском полуострове, в Южной Африке, в Сибири и Сахаре направляются экспедиции ученых.

Измерения температуры Венеры

В 1962 г., когда к Венере была успешно запущена первая космическая станция, ученым уже казались странными результаты измерений температуры этой планеты. Радиотелескопы показали, что у нее либо очень высокая температура, поверхности, достигающая до 700 градусов Кельвина, либо очень мощная ионосфера, о чем свидетельствует интерпретация данных, приносимых радиоволнами. Одна из задач станции «Маринер-2», запущенной в сентябре 1962 г., состояла в том, чтобы установить, какое из этих двух предположений правильно.

14 декабря 1962 г. станция «Маринер-2» прошла на расстоянии 40 000 километров от Венеры. Она обследовала диск планеты, чтобы определить температуру в различных местах. Результаты показали, что поверхность действительно очень горяча и что измерения радиотелескопов были правильными. Станция установила также, что в отличие от Земли у Венеры нет заметного магнитного поля. Она не обнаружила никаких радиационных поясов, подобных земным. Наконец, с помощью этой станции были проведены более точные измерения массы планеты.

Интересно отметить, что один из результатов станции «Маринер-2» был в действительности превзойден 200-дюймовым телескопом обсерватории Маунт Паломар. Еще до того,

как станция провела измерения температуры в разных местах поверхности планеты, два молодых астронома с помощью самого крупного в мире телескопа проделали ту же работу. Большие размеры этого инструмента позволили им увидеть диск планеты таких же размеров, каким он казался бы в более слабый телескоп космической станции, приблизившейся к Венере. Этот факт иллюстрирует важность изобретательного использования больших земных телескопов для исследования планет. Но, конечно, космические аппараты также необходимы, поскольку другие эксперименты, выполненные со станции «Маринер-2», не могли бы быть осуществлены при помощи земного телескопа.

Благоприятные условия для запуска космических аппаратов к Венере повторяются примерно через 1,6 года. Поэтому для очередного запуска к Венере необходимо было дожидаться следующего тесного сближения. Благоприятный период в апреле 1964 г. был пропущен, а в следующий период, в ноябре 1965 г., Советский Союз запустил в сторону этой планеты станцию «Венера-2». Но за эти годы было получено мало новых данных, зато в благоприятный период 1967 г. к Венере запустили два космических аппарата по почти одинаковым траекториям.

Наперегонки к Венере

В июне 1967 г., через два дня одна за другой, начали гонки к Венере по трассе в 320 миллионов километров американская станция «Маринер-5» и советская «Венера-4». Многие эксперименты, проведенные этими станциями, совпали, но значительно более крупный советский корабль не также канулу, которая впоследствии опустилась на парашюте сквозь атмосферу Венеры и явилась первым искусственным объектом, пославшим сообщение с поверхности другой планеты, обладающей атмосферой.

Станция «Венера-4» и «Маринер-5» произвели сотни новых важных измерений условий на Венере и в ее окрестностях. Они искали магнитное поле Венеры, но не обнаружили его. Они определили, как Венера защищается от солнечного ветра — потока частиц, непрерывно испускаемого Солнцем.

Оба аппарата получили примерно одинаковые данные, которые свидетельствуют о том, что частицы солнечного ветра

задерживаются ионосферой планеты, которая не позволяет им бомбардировать поверхность Венеры. (На Земле роль щита выполняет магнитное поле.)

Подойдя почти вплотную к планете, два космических корабля пошли разными путями. «Маринер-5» обогнул Венеру, пройдя примерно в 4000 километрах от ее поверхности, а затем удалился в межпланетное пространство. Этот аппарат, постепенно заходя за диск Венеры, провел зондирование ее атмосферы, посылая сквозь нее к Земле радиоволны различной длины. Станция же «Венера-4» вошла прямо в атмосферу планеты, автоматически выбросила капсулу с парашютом, которая стала медленно опускаться к поверхности. Информацию о верхних слоях атмосферы планеты получили оба аппарата, но лишь «Венера-4» сообщила непосредственные данные о нижних слоях атмосферы, лежащих у самой поверхности планеты.

Воздух повсюду, а дышать нечем!

Атмосфера Венеры сильно отличается от земной. Она имеет тонкий внешний водородный слой (захваченный из солнечного ветра), гораздо более тонкий, чем в атмосфере Земли, и отстоящий от поверхности планеты примерно на 1000 километров. Под ним находится ионосфера, имеющая два пика плотности: один на расстоянии 100, а другой на расстоянии 80 километров от поверхности. Основная же масса атмосферы лежит ниже.

До этих космических полетов на основе наземных наблюдений было известно, что в атмосфере Венеры много углекислого газа. Но станции «Венера-4» и «Маринер-5» дали более точные значения количества углекислого газа и других составляющих атмосферы. «Венера-4» передала на основе автоматических химических измерений, что углекислый газ составляет от 90 до 95% атмосферы. Остальное — большей частью азот и (или) неон. Данные «Венеры-4» указывают также на присутствие 1% кислорода, но это не подтверждается наземными измерениями. Атмосферное же давление близ поверхности планеты достигает 60–80 атмосфер.

Воды в атмосфере Венеры очень мало. Согласно данным станции «Венера-4», ее количество составляет лишь несколько десятых процента. Поскольку температура планеты очень

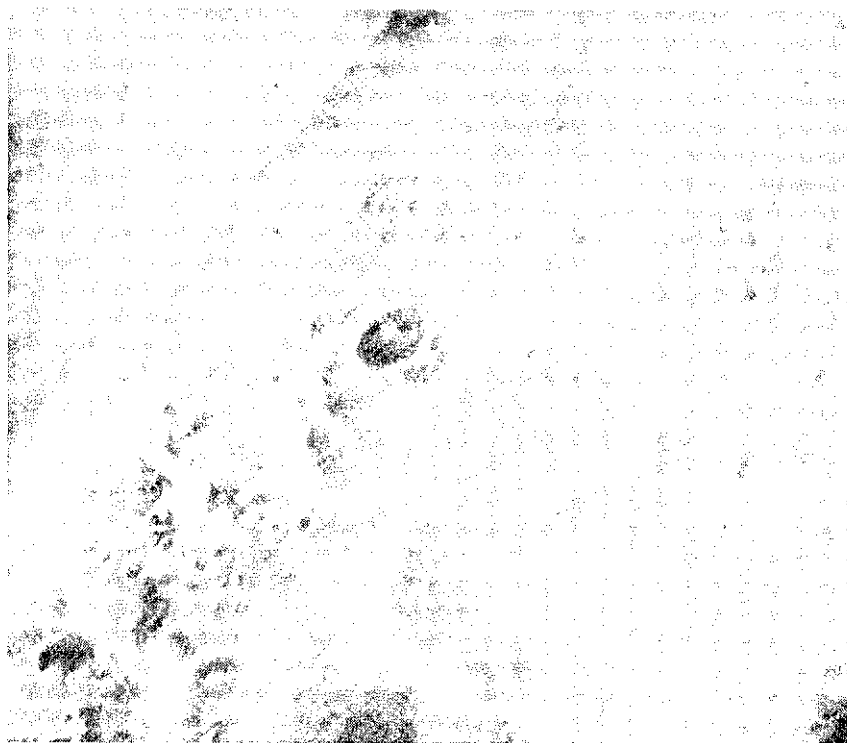


Рис. 51. Южная полярная шапка Марса, сфотографированная телевизионной камерой с борта станции «Маринер-7» в августе 1969 г., когда станция находилась на самом близком расстоянии от планеты. Фотография получена с высоты около 5300 километров и охватывает площадь примерно 1200×1500 километров. Видны три больших кратера и ряд мелких. Верхний левый угол занят облакоподобным образованием, причем видимые рядом с ним гребни наводят на мысль, что это снежные сугробы, какие можно наблюдать и на Земле, хотя особой уверенности в снеговой природе этого образования у нас нет.

высока (до 500 градусов Цельсия), на ней невозможно существование океанов, и эта атмосферная вода представляет всю воду планеты. В целом, несмотря на почти одинаковые размеры обеих планет, на Венере воды примерно в десять тысяч раз меньше, чем на Земле.

«Маринеры» 6 и 7

В 1969 г. полеты к Марсу станций «Маринер» 6 и 7 позволили получить ряд новых интересных сведений об этой красной планете. В некоторых местах Марса на высоте от 16 до 40 километров была обнаружена разреженная дымка. Замечено таинственное, до сих пор не объясненное увеличение яркости в районе «W-образного облака» — значительной части марсианской поверхности, где земные телескопы зарегистрировали отчетливую облакообразную деталь, напоминающую по форме букву W. Над полярными ледяными шапками было видно нечто, напоминающее низкую облачную дымку. Толщина «снеговой» шапки меняется, возможно, в связи с переменной ветра. Лед скорее всего — не замерзшая вода, а «сухой лед» (CO_2); толщина его составляет всего несколько сантиметров. Кратеров множество, хотя и меньше, чем на Луне. Были открыты также два других типа поверхности: один — беспорядочная, изрытая, хаотическая, другой — гладкая, без каких-либо деталей. Поскольку на этих участках мало или совсем нет кратеров, предполагают, что они возникли в результате какого-то недавнего события или событий. По-видимому, действует какой-то геологический процесс, хотя и отличающийся от известных нам процессов, участвовавших в создании облика Земли.

Почему существует столько различий между Венерой, Марсом и Землей? Это тайна, которую мы до сих пор не можем раскрыть, несмотря на новые данные, полученные в результате исследований, проведенных с помощью космических аппаратов. Мы надеемся найти ответы на эти и другие вопросы по мере продолжения начатого человечеством величайшего предприятия — исследования планет.

ЛИТЕРАТУРА ДЛЯ ДАЛЬНЕЙШЕГО ЧТЕНИЯ

Для более глубокого знакомства с явлениями, описанными в этой книге, особенно с физикой вновь открытых процессов, читатель может обратиться к книге:

Уикс Т. Астрофизика высоких энергий, М., «Мир», 1972.
Теория Большого Взрыва популярно изложена в книге:

Дикке Р. Гравитация и Вселенная, М., «Мир», 1971.
Читатель, заинтересовавшийся проблемами космологии и эволюции Вселенной, найдет много интересного в книге:

Шама Д. Современная космология, М., «Мир», 1973.
Проблемам пульсаров посвящена книга:
Пульсары, сб. статей, М., «Мир», 1971.

С методами и результатами исследования инфракрасного излучения небесных тел можно познакомиться по книге:

Инфракрасная астрономия, под ред. Браунказно и Камерона, М., «Мир», 1971.

Более подробные сведения о Марсе и Юпитере можно найти в книгах:

Мишо Ш. Планета Марс,

Мишо Ш. Планета Юпитер,
выпущенных издательством «Мир» в 1971 г.

О результатах исследования образцов лунных пород, доставленных на Землю экспедициями «Аполлонов» 11 и 12, см. книгу:

Мэйсон Б., Мелсон У. Лунные породы, М., «Мир», 1973.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	5
1. Новые улицы на старой карте	7
2. Сигналы из глубин космоса	10
3. Таинственные квазары	22
4. Как взрываются галактики?	34
5. Гигантская вспышка	45
6. Пульсары	56
7. Шумная планета	63
8. Радиолокационная революция	75
9. Холодные и инфракрасные звезды	85
10. Ультрафиолетовые ракетные исследования	90
11. Рентгеновские лучи из космоса	96
12. Ускользающие гамма-лучи	107
13. Нейтрино и коллапс звезд	113
14. Частицы из космоса	117
15. Астрономия на орбите	123
16. На Луне	130
17. Исследования планет	139
Литература для дальнейшего чтения	148